



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

E-LEARNINGOVÉ VÝUKOVÉ MODULY

E-LEARNING STUDY MODULES

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

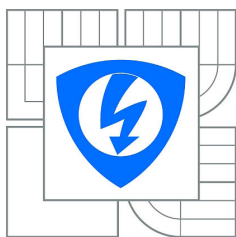
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. TOMÁŠ KOSÍK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. VÁCLAV JIRSÍK, CSc.

BRNO 2010



**VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ**

**Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií**

Ústav automatizace a měřicí techniky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Kybernetika, automatizace a měření

Student: Bc. Tomáš Kosík
Ročník: 2

ID: 78037
Akademický rok: 2009/2010

NÁZEV TÉMATU:

E-learningové výukové moduly

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Seznamte se s principy e-learningové výuky.
2. Seznamte se s výukovým programem AI Tool.
3. Seznamte se s problematikou řešení úloh.
4. Pro prohledávání stavového prostoru navrhnete následující moduly: slepé prohledávání do šířky a do hloubky, dopředné a zpětné prohledávání, hladový a horolezecký algoritmus.
5. Navržené moduly zrealizujte pro výukový program AI Tool.
6. Dosažené výsledky zhodnoťte.

DOPORUCENÁ LITERATURA:

- [1] Zlámalová H.: Úvod do distančního vzdělávání, Andragogé, Olomouc, 2001
- [2] Hochmann V.: Logistika distančního vzdělávání, Andragogé UP Olomouc 2001
- [3] Vrba J.: Moderní technologie ve vzdělávání dospělých, Andragogé, Olomouc, 2000

Termín zadání: 8.2.2010
Vedoucí práce: doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.

Termín odevzdání: 24.5.2010

prof. Ing. Pavel Jura, CSc.
Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následku porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Vysoké učení technické Brno

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

E-learningové výukové moduly

Diplomová práce

Studijní obor:	Kybernetika, automatizace a měření
Student:	Bc. Tomáš Kosík
Vedoucí práce:	doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.
Konzultant:	Ing. Jan Valenta

Abstrakt:

Tato diplomová práce je zaměřena na popis e-learningu – elektronickou formu výuky, jako způsob moderního vzdělávání. V teoretické části jsou popsány různé formy, možnosti a základní struktury elektronických vzdělávacích systémů. Detailně rozebírá klady a zápory e-learningu, jak z pohledu technického tak z pohledu sociálního.

V druhé části této práce je čtenář seznámen s e-learningovým systémem AI Tools používaném na UAMT FEKT VUT v Brně k podpoře výuky základů umělé inteligence. Dále se práce zabývá vytvořením třech zásuvných modulů do tohoto výukového programu. Tyto moduly jsou naprogramovány v jazyce C# a zabývají se problematikou informovaného a neinformovaného prohledávání stavového prostoru dále dopředným a zpětným řetězením používaném v expertních systémech.

V závěru práce jsou zhodnoceny teoretické i praktické výsledky práce.

Klíčová slova:

E-learning, umělá inteligence, programovací jazyk C#

Brno University of Technology

Faculty of Electrical Engineering and Communication

Department of Control, Measurement and Instrumentation

E-learning study modules

Master's Thesis

Specialisation of study:	Cybernetics, Control and Measurement
Student:	Bc. Tomáš Kosík
Supervisor:	doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.
Consultant:	Ing. Jan Valenta

Abstract:

This master's thesis is focused on description of e-learning by electronic form of teaching as a way of modern education. In theoretical part various forms, possibilities and basic structures of electronic education systems are described. It presents thorough analyses of positives and negatives of e-learning, both, from a technical perspective as well as from social point of view.

In the second part of this thesis, the reader becomes familiar with e-learning system AI Tools used by UAMT FEEC VUT in Brno to support the teaching of basics of artificial intelligence. Furthermore, the work deals with the creation of three plug-in modules for this computer programme. These modules are programmed in C# and pursue matters of informed and uninformed state space search, and issues of forward and backward chaining used in expert systems.

In conclusion, the results of theoretical and practical work are evaluated

Keywords:

E-learning, artificial intelligence, programming language C#

KOSÍK, T. E-learningové výukové moduly. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 89 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.

Prohlášení

„Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma E-learningové výukové moduly jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.“

V Brně dne: **24. května 2010**

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Václavu Jirsíkovi, CSc. a externímu konzultantovi Ing. Janu Valentovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování diplomové práce.

V Brně dne: **24. května 2010**

.....
podpis autora

OBSAH

1. ÚVOD.....	9
2. E-LEARNING	12
2.1 ZÁKLADNÍ POJMY E-LEARNINGU [2].....	12
2.2 HISTORIE E-LEARNINGU	14
2.3 E-LEARNINGOVÉ SYSTÉMY	16
2.3.1 Offline systémy.....	16
2.3.2 Online systémy.....	17
2.4 E-LEARNINGOVÝ KURZ.....	18
2.4.1 Obsah, forma a vzhled kurzu	18
2.4.2 Základní prvky kurzu	19
2.5 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ A STANDARDY E-LEARNINGU	23
2.5.1 LMS a LCMS	23
2.5.2 Standardy pro e-learning.....	24
2.6 EKONOMIKA A LOGISTIKA E-LEARNINGU	28
2.7 E-LEARNING V PRAXI.....	30
2.7.1 E-learning ve školách	31
2.7.2 E-learning ve firmách	32
2.8 VÝHODY A NEVÝHODY E-LEARNINGU.....	34
2.8.1 Výhody e-learningu.....	34
2.8.2 Nevýhody e-learningu.....	39
2.9 BUDOUCNOST E-LEARNINGU.....	43
2.10 E-LEARNINGOVÉ SYSTÉMY NA VŠ V BRNĚ	44
2.10.1 E-learning na Mendelově zemědělské a lesnické univerzitě (MZLU)	44
2.10.2 E-learning na Masarykově univerzitě (MU)	45
2.10.3 E-learning na Vysokém učení technickém v Brně (VUT)	46
3. VÝUKOVÝ PROGRAM AI TOOL	50
3.1 NÁVOD NA VYTVOŘENÍ A VLOŽENÍ NOVÉHO VÝUKOVÉHO MODULU	51
4. ŘEŠENÍ ÚLOH.....	54
4.1 ŘEŠENÍ ÚLOH (PROBLEM SOLVING)	54
5. VÝUKOVÉ MODULY PRO PROHLÉDÁVÁNÍ STAVOVÉHO PROSTORU.....	56
5.1 STAVOVÝ PROSTOR	56

5.2	NEINFORMOVANÉ (SLEPÉ) METODY PROHLEDÁVÁNÍ STAVOVÉHO PROSTORU	57
5.2.1	<i>Výukový modul pro neinformované prohledávání do šířky a do hloubky</i>	58
5.2.2	<i>Prohledávání do hloubky</i>	60
5.2.3	<i>Prohledávání do šířky</i>	62
5.3	INFORMOVANÉ (HEURISTICKÉ) METODY PROHLEDÁVÁNÍ STAVOVÉHO PROSTORU	68
5.3.1	<i>Výukový modul pro informované metody prohledávání stavového prostoru</i>	69
5.3.2	<i>Hladový algoritmus</i>	71
5.3.3	<i>Horolezecký algoritmus</i>	72
6.	VÝUKOVÝ MODUL PRO DOPŘEDNÉ A ZPĚTNÉ ŘETĚZENÍ	76
6.1.1	<i>Dopředné řetězení</i>	77
6.1.2	<i>Zpětné řetězení</i>	80
7.	AI TOOL S NOVĚ VYTVOŘENÝMI MODULY	83
8.	ZÁVĚR	84
9.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	86

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 2-1 E-learningový systém VUT v Brně.....</i>	<i>47</i>
<i>Obrázek 3-1 Interface AI Tool.....</i>	<i>50</i>
<i>Obrázek 3-2 Vytvoření nového výukového modulu v programu AI Tool</i>	<i>51</i>
<i>Obrázek 3-3 Správa modulů v programu AI Tool</i>	<i>52</i>
<i>Obrázek 3-4 Ukázka nápovědy k vytvořeným výukovým modulům</i>	<i>53</i>
<i>Obrázek 5-1 Grafová reprezentace stavového prostoru</i>	<i>57</i>
<i>Obrázek 5-2 Cílový stav hlavolamu „lišák“</i>	<i>58</i>
<i>Obrázek 5-3 Výukový modul pro prohlédávání do šířky a do hloubky</i>	<i>59</i>
<i>Obrázek 5-4 Pořadí uzlů prohlédávaných do hloubky</i>	<i>60</i>
<i>Obrázek 5-5 Příklad prohlédávání do hloubky.</i>	<i>61</i>
<i>Obrázek 5-6 Obsah zásobníku result_candidate při prohlédávání do hloubky.</i>	<i>61</i>
<i>Obrázek 5-7 Obsah zásobníku results při prohlédávání do hloubky.</i>	<i>62</i>
<i>Obrázek 5-8 Pořadí uzlů prohlédávaných do šířky [29]</i>	<i>62</i>
<i>Obrázek 5-9 Příklad prohlédávání do šířky.</i>	<i>63</i>
<i>Obrázek 5-10 Obsah zásobníku result_candidate při prohlédávání do šířky.</i>	<i>64</i>
<i>Obrázek 5-11 Obsah zásobníku results při prohlédávání do šířky.</i>	<i>64</i>
<i>Obrázek 5-12 Hrací deska pro hru „lišák“</i>	<i>64</i>
<i>Obrázek 5-13 Počáteční rozložení hry „lišák“</i>	<i>65</i>
<i>Obrázek 5-14 Obtížnější počáteční rozložení hry „lišák“</i>	<i>65</i>
<i>Obrázek 5-16 Příklad ohodnocení cesty.....</i>	<i>68</i>
<i>Obrázek 5-17 Výukový modul pro hladový a horolezecký algoritmus</i>	<i>69</i>
<i>Obrázek 5-18 Náhodné vygenerování měst.....</i>	<i>70</i>
<i>Obrázek 5-19 Cesta bez použití optimalizačních algoritmů</i>	<i>70</i>
<i>Obrázek 5-20 Optimální cesta podle hladového algoritmu</i>	<i>71</i>
<i>Obrázek 5-21 Lokální extrém horolezeckého algoritmu</i>	<i>72</i>
<i>Obrázek 5-22 Optimální cesta podle stochastického horolezeckého algoritmu</i>	<i>73</i>
<i>Obrázek 5-23 Ukázka vybírání reálných měst</i>	<i>75</i>
<i>Obrázek 5-24 Ukázka neoptimální expanze hladového algoritmu.....</i>	<i>75</i>
<i>Obrázek 6-1 Výukový modul pro dopředné a zpětné řetězení</i>	<i>76</i>

<i>Obrázek 6-2: Příklad dopředného řetězení</i>	77
<i>Obrázek 6-3 Algoritmus dopředného řetězení.....</i>	78
<i>Obrázek 6-4 Ukázka dopředného řetězení výukového modulu.....</i>	79
<i>Obrázek 6-5: Příklad zpětného řetězení</i>	80
<i>Obrázek 6-6 Algoritmus zpětného řetězení</i>	81
<i>Obrázek 6-7 Ukázka zpětného řetězení výukového modulu</i>	82
<i>Obrázek 7-1 AI Tool pouze s nově vytvořenými moduly</i>	83

1. ÚVOD

E-learning je moderní způsob vzdělávání za pomoci moderních technologií. V posledních letech se elektronická forma výuky stává velmi oblíbenou formou vyučování. Především v distanční formě vzdělávání měl a stále má e-learning velké využití, ale s rozvojem a novými možnostmi informačních a komunikačních technologií se začíná používat i při kombinované formě studia, či jako doplněk pro prezenční formu studia.

Tato diplomová práce seznamuje čtenáře s pojmem e-learningu, základními vlastnostmi a formami elektronických systémů, detailněji rozebírá klady a zápory této formy vzdělávání. Zároveň je zde nastíněno využití e-learningu na brněnských vysokých školách.

V druhé části se práce zabývá a popisuje základní vlastnosti výukového programu AI Tool, který je využíván na UAMT FEKT VUT v Brně, jako doplňující studijní materiál k výuce umělé inteligence zejména v předmětech „Moderní prostředky průmyslové automatizace“ a „Umělá inteligence“. Následně jsou navrženy a zrealizovány tři výukové moduly do tohoto programu. Tyto moduly jsou zhotoveny v programovacím jazyce C#. Jedná se o modul zabývající se neinformovaným a informovaným prohledáváním stavového prostoru a modul na inferenční strategii expertních systémů, tudíž na dopředné a zpětné řetězení.

2. E-LEARNING

Co je vlastně e-learning? Definovat tento pojem jednoznačně je velmi těžké kvůli jeho rozličným formám. Obecně vzato jde o využití moderních informačních a komunikačních technologií v procesu vzdělávání.

Většina existujících definic by se dala rozdělit do 2 základních kategorií. Za prvé to jsou definice až příliš jednoduché, které sice mají svou platnost a trvanlivost, ale po jejich přečtení by si laik jen těžko dokázal udělat představu o tom, co e-learning je a jak by mu mohl pomoci. Druhou kategorií jsou naopak definice, které jsou až příliš konkrétní. Z těchto definic obvykle bývá patrné, co přesně se pod pojmem e-learning skrývá, ale jejich nevýhodou je jistá „dočasnost“. Tyto definice se totiž opírají o možnosti, které nabízí doba, ve které vznikaly, ale je zřejmé, že díky vývoji v oblasti informačních a komunikačních technologií, se budou vyvíjet také možnosti e-learningu, a tak je potřeba při sestavování definic počítat i s touto skutečností.

Existují rovněž definice, které jasně vymezují, co e-learning je, a zároveň je možné předpokládat, že jejich platnost bude trvalejšího charakteru. Jednou z definic tohoto druhu je například tato: „E-learning v širším slova smyslu znamená proces, který popisuje a řeší tvorbu, distribuci, řízení výuky a zpětnou vazbu na základě počítačových kurzů, kterým stále častěji říkáme e-learningové kurzy. Tyto aplikace většinou obsahují simulace, multimediální lekce, tj. kombinace textového výkladu s animacemi, grafikou, schémata, audiem, videem a elektronickými testy.“ [1]
Ovšem i v této definici by se dalo polemizovat o tom, zda nenahradit výraz „počítačový kurz“ jiným, obecnějším.

2.1 ZÁKLADNÍ POJMY E-LEARNINGU [2]

Tutor (někdy se uvádí mentor) - Vzdělávací instituce najímají tutora k řízení studentů v určitém vzdělávacím kurzu. Tento tutor pomáhá studentům při studijních potížích (ale nevyučuje), konzultuje se studenty jejich studijní potřeby, hodnotí

studentské práce. Dále může podávat vzdělávací instituci informace o problémových částech výukových modulů, nesrozumitelnosti některých částí textu apod.. Tutoři jsou pro svoji profesi speciálně vyškoleni a v průběhu studia jsou managerem kurzu monitorování a hodnocení.

Tutorial – Prezenční setkání studentů při účasti tutora. Počet tutorialů je předem dán a je také oznámeno, zda je účast na těchto tutorialech povinná. Obecně platí, že retenční výuka by neměla přesáhnout 10% celkové časové dotace.

Lektor – Odborník, který zabezpečuje prezenční výuku, např. laboratorní cvičení.

Manažer kurzu – Organizační pracovník, který řídí celkovou přípravu i vyhodnocení studijního kurzu.

Autor textu – Odborník, který zpracuje obsahovou část výukového modulu s využitím optimálních didaktických postupů.

Výukový modul – Výuková jednotka, většinou obsahuje studijní látku z dané problematiky.

Výukový kurz – Soubor výukových modulů, účelově seřazených tak, aby student danou problematiku dobře pochopil a nastudoval.

Výukový balík – Soubor všech studijních opor, které student ke svému učení potřebuje. Např. studijní texty, audio – videokazety apod.

Vnější zpětná vazba – Hodnocení kurzu, které provádí jiná organizace než autorská. Používá se také hodnocení studentů, který již kurz absolvovaly před nějakým časem a po uplatnění získaných znalostí v praxi.

Vnitřní zpětná vazba – hodnocení výukového kurzu, nejčastěji provádějí hodnocení samotní studenti formou vyplnění dotazníků. Existují i dotazníky pro tutorů, kde hodnotí celkový průběh kurzu, organizační zajištění apod.

Virtuální univerzita – Je server se softwarovým prostředím poskytujícím výuku. Prostřednictvím internetu nebo intranetu poskytuje studentům výukové materiály.

2.2 HISTORIE E-LEARNINGU

V šedesátých letech dvacátého století započaly experimenty se stroji na učení, kterým se říkalo vyučovací automaty. V této době byl i u nás jeden vyvinut, jmenoval se Unitutor, o kterém se říkalo, že patřil k těm nejlepším. Látka, která se měla vyučovat, byla v Unitutoru rozdělena na jednotlivé stránky. Na konci každé stránky se nacházela kontrolní otázka s výběrem z několika možných odpovědí. Podle vybrané odpovědi se celý program mohl větvit a uživatel pokračoval na další vybranou stránku. Informace o řešení testových otázek byly ukládány a představovaly okamžitou zpětnou vazbu. Vyučovací automaty ovšem byly příliš složité a málo účinné, a to byl hlavní důvod jejich malé expanze do světa elektronického vyučování. [3]

Začátkem osmdesátých let dvacátého století se ve světě velmi rozšířily osmibitové počítače. Toto započalo vlnu „elektronizace“ školství, jejímž cílem bylo poskytnut dětem počítačovou gramotnost. K nám tento trend dorazil v roce 1985, kdy se objevily speciální školní mikropočítače IQ 151. Vyučující o tyto mikropočítače projeví velký zájem i přes jejich značné nedostatky. [3]

V druhé polovině osmdesátých let dvacátého století začínají ovládat trh šestnáctibitové (osobní) počítače. Počítače se dostaly do domácností a ve školství došlo k pokusu o zdokonalení vyučovacích automatů na základě dobrých výsledků vývoje kybernetiky a umělé inteligence. Začaly se provádět pokusy použít počítač jako učební a zkoušející stroj s ideou částečného nahrazení učitele počítačem. [4]

V devadesátých letech dvacátého století započalo několik vědeckých týmů vyvíjet inteligentní výukové systémy (Intelligent Tutoring Systems), jejichž cílem bylo vytvářet aplikace s kontrolou nad výukovým procesem. Tyto systémy měly za úkol skloubit probrání, procvičení a testování uživatelů. K výkladu látky používaly grafiku, animace, zvuky a byly schopny do sebe zahrnout i nezávislé programy. Největší nespornou výhodou byla individualizace tempa výuky. Veškeré postupy a výsledky uživatele byly uloženy a poté vyhodnoceny. Tímto se automaticky

rozhodovalo o dalším postupu výuky, role vyučujícího se tak zredukovala pouze na kontrolu a obsluhu. [3]

S nástupem éry osobních počítačů se začaly rozvíjet programy navazující na Unitutor. Zpočátku se používaly jednoduché testové otázky s výběrem z několika možných odpovědí, každá možnost byla bodově ohodnocená. Celkové bodové hodnocení sloužilo vyučujícím ke kontrole práce studentů. Na tomto systému bylo kritizováno to, že počítač sloužil pouze ke zkoušení látky. Ke zkušebnímu testu byl postupně připojován výklad látky a její následné procvičení. Výklady, procvičování a testy byly spojovány do lekcí a lekce byly spojovány do celých kurzů. Studenti mohli postupovat zcela individuálně na základě svých výsledků. [3]

Počátkem devadesátých let dvacátého století se do popředí dostal e-mail. E-mail slouží jako velice rychlý a perspektivní prostředek komunikace na dálku. Díky tomuto nástroji lze kdykoliv uskutečňovat písemnou komunikaci téměř libovolné délky. Dalším krokem bylo kromě e-mailové komunikace rozšíření celosvětové sítě a využívání nosičů CD-ROM, které při zachování své přenositelnosti byly schopny pojmout velké množství dat. Způsoby komunikace se navíc ještě rozšířily o telefonní konference, hlasovou poštu a družicová spojení. [3]

Jako první začaly objevovat výhody nových komunikačních technologií vysoké školy. Již v polovině devadesátých let dvacátého století měly běžně vysoké školy v USA e-mailové systémy. Studenti používali internet jako zdroj informací, začali vytvářet diskusní skupiny a on-line místnosti pro chat, kde mohli komunikovat v reálném čase na různá témata. [3]

Na přelomu dvacátého a dvacátého prvního století pokračoval vývoj na univerzitách velmi rychle kupředu. Obsahy přednášek byly umísťovány na multimediální zdroje a na místní sítě. Firmy a jiné organizace začaly hledat nové možnosti e-learningu. Na internetu vznikly dokonce virtuální univerzity, nabízející své kurzy a certifikáty přes internet. Koncem devadesátých let již e-learningové nástroje umožňovaly zkoušení on-line v reálném čase. E-learningové systémy byly

již natolik rozvinuté, že mohl student získat vysokoškolský titul, aniž by byl někdy fyzicky přítomen ve třídě. Tímto plně zaměstnaní dospělí získali možnost studovat na vysoké škole svým vlastním tempem bez toho, aniž by museli řešit problémy spojené se svou fyzickou přítomností ve škole. [4]

2.3 E-LEARNINGOVÉ SYSTÉMY

E-learningové systémy se vyskytují v různých formách, které se liší způsobem použití, dostupností a mírou znalostí uživatele, potřebných k přístupu do systému a k jeho využití.

Velmi často se můžeme setkat s názorem, že jakýkoliv text uložený v elektronické podobě, např. skriptum uložené ve formátu pdf, je e-learningovým kurzem, ovšem toto je mylný názor. E-learningovým kurzem není možné označit samostatné texty, audio nebo video záznamy v elektronické podobě bez návazností, studijních cílů, uvedení do problematiky, úloh a otázek potřebných ke zpětné vazbě pro studenta a učitele.

2.3.1 Offline systémy

Offline e-learningový systém je systém, který nepotřebuje připojení k síti internet či intranet. Tyto systémy jsou dostupné pomocí elektronických nosičů (CD,DVD, flash paměti apod.), obsahují textové informace, ilustrace, animace, video a audio sekvence, mohou také obsahovat testy a výcvikové programy.

Offline systém existuje ve většině případů jako jednoúčelová aplikace k nainstalování z datového nosiče, v menším procentu případů je na počítači uživatele nainstalován místní server, na který se lokálně připojuje online e-learningová aplikace. Výukový kurz je tímto omezen na zařízení, na kterém je aplikace nainstalována a uživatel nemá možnost využívat kurz kdykoliv a kdekoliv.

Velkou nevýhodou těchto systémů je chybějící vazba na lektora kurzu, který tak nemá přímé informace o tom, jak student v kurzu pokračuje a jaké má výsledky. Nemůže kvůli tomu odhalovat nedokonalosti kurzu a efektivně pomáhat jeho

účastníkům. Zároveň student nemá vazbu na ostatní účastníky kurzu a na lektora, a tak nemůže s nikým z nich jednoduše komunikovat. [5]

2.3.2 Online systémy

Oproti offline systémům online systémy vyžadují připojení k síti internet či intranet. Stejně jako offline systémy obsahují textové i hypertextové informace, ilustrace, animace, video a audio sekvence, mohou také obsahovat testy a výcvikové programy. Navíc existuje přímá vazba na lektora a na ostatní účastníky kurzu. Je možné kurzy postupně doplňovat, aniž by tato činnost nějakým způsobem vyžadovala zásah uživatele.

Online systém se dále dělí na [5]:

- **Synchronní** – tato forma systému vyžaduje neustálé připojení k síti, studenti a tutoři mají možnost spolu komunikovat v reálném čase. Na tuto komunikaci se používají chaty, IRC (Internet Relay Chat), IM (instant messaging) apod.
- **Asynchronní** – tato forma systému naopak nevyžaduje neustálé připojení k síti, studenti s tutorama již nekomunikují v reálném čase, ale nechávají si vzkazy na diskusních fórech či e-mailech.

Každá z forem má svoje výhody a nevýhody. U synchronní formy je hlavní výhoda, že student na své otázky dostává okamžitě odpovědi a může okamžitě reagovat, jestli něčemu neporozuměl. Tyto dotazy mohou směřovat přímo na tutora nebo i na některého z jeho spolu-studentů. Tento styl vykazuje vysokou účinnost při nízké době výuky. Nevýhoda je ovšem časová omezenost výuky. Tutor nemůže být celý den k dispozici studentům, a tak je tato výuka časově rozvržena na předem dané termíny. Asynchronní forma naopak není vůbec vázána časovými termíny. Což je finančně výhodnější, ovšem vyžaduje větší samostatnou motivaci ze strany studenta.

2.4 E-LEARNINGOVÝ KURZ

2.4.1 Obsah, forma a vzhled kurzu

Obsah i forma e-learningového kurzu vždy vychází z požadavků jednotlivých institucí, které mají o vzdělávací systém zájem. I když existují snahy o sjednocení formy e-learningových systémů, ne vždy je toto sjednocení nutné a hlavně vhodné.

Základem celého kurzu je jeho obsah. Je nutné, aby vedoucí kurzu před jeho samotnou tvorbou jasně stanovil požadavky na zpracování, reálné potřeby a přínosy pro samotný kurz. Ani celkový vzhled není jednoznačně definovaný. Měl by splňovat především základní podmínky pro uživatelskou přívětivost systému, ale i zde existuje mnoho možností jak této přívětivosti dosáhnout. V rámci instituce by měly mít všechny e-learningové kurzy jednotný vizuální styl a jednotné ovládání výukového systému. Tím bude zajištěno především to, že se uživatel velmi rychle seznámí s ovládáním a strukturou. Při absolvování dalších kurzů se už bude vracet do známého prostředí a nebude muset věnovat čas seznamováním se se systémem. Na druhou stranu, při velkém množství výukových kurzů se může stát, že jednotná forma uživatele omrzí a stane se nudnou a tudíž neefektivní. Je tedy vhodné volit podobnou strukturu kurzu jako mají kurzy předešlé, jen s úpravou vizuální podoby. [6]

Vzhled kurzu velmi ovlivňuje jeho přehlednost a především zapamatovatelnost probírané látky, proto je nutné před samotnou tvorbou provést dostatečnou analýzu zvolené problematiky a návrh řešení vytvořit přímo na míru. Není vhodné do kurzů vkládat nadbytečné informace a aktivity, které by studenti nevyužili, tím zhoršit přehlednost daného kurzu a zbytečně ztrácet pozornost studentů. Při tvorbě grafického vzhledu, rozmístění a volby jednotlivých prvků musíme klást velký důraz na cílovou skupinu, pro kterou je kurz určen. Například se může cílová skupina rozdělit podle věku. Jinak bude kurz vypadat pro děti, jinak pro dospělé a jinak pro seniory.

Je taktéž nutné klást velký důraz na přehlednost a na snadnou čitelnost všech uvedených informací. Zvýrazňovací a rozlišovací prvky je možné použít pouze ve

velmi omezeném množství. Tím bude zaručeno, že budou opravdu zdůrazňovat to, co mají, a zároveň se nesníží přehlednost materiálů. Jako rozlišovací prvek je možné použít jiný typ nebo barvu písma, než je základní font použitý v textu, popřípadě jiné formátování textu apod.

V textu je z hlediska přehlednosti potřeba udržovat jednoduchost úprav a intuitivní členění. Nesmí se jednat o pouhé převedení klasické tištěné učebnice do elektronické podoby a to hlavně z důvodu, že elektronický systém má klasickou výuku podporovat, někdy dokonce i nahradit. Text e-learningových aplikací musí být názornější než tištěné učebnice. Měl by být rovněž čtivý, aktivizující a interaktivní.

Usnadnění orientace v kurzu také přinášejí různé symboly, ikony a piktogramy, které mají v celé aplikaci jednotný význam. Uživatel může po základním seznámení se systémem pokračovat dál zcela intuitivně.

E-learningové materiály mají především za úkol uživatele upoutat, ale zároveň působit vyrovnaně a vyváženě. Celková vizuální podoba podtrhuje obsah stránek. Neměla by obsah zastínit, nesmí uživatele rozptylovat a rušit ho při studiu. Svou roli v přehlednosti sehrává i jas a kontrast, který musí být dostatečný. Přílišný kontrast unavuje oči, znesnadňuje učení apod. [6]

2.4.2 Základní prvky kurzu

Každý e-learningový kurz je možné rozdělit na základní prvky a metody výuky, ze kterých se skládá a které obsahuje.

Text

Text je základní stěžejní prvek každého (nejen) e-learningového výukového systému. Strukturovaný text musí být připraven pro danou cílovou skupinu uživatelů tak, aby právě pro tuto skupinu byl dobře srozumitelný a čtivý. Nemůže to být pouhý přepis tištěné učebnice do elektronické podoby. Kniha nebo vytištěné výukové materiály a e-learningový text musí mít různou strukturu. Každá forma má své výhody a samozřejmě také nevýhody.

Zatímco student učící se z tištěných materiálů může prolistovávat text a pohodlně se v něm orientovat, je uživatel elektronického systému odkázán na

velikost displeje a pokud bude text špatně strukturovaný, uživatel se v něm velmi snadno ztratí. E-learningový text má oproti tištěnému textu výhodu v tom, že lze v tomto případě použít hypertextové odkazy na „podstránky“, které text rozšíří o související informace. [6]

Barvy

Barevná úprava dokumentů vychází z vkusu autora. Někdy se snahou o maximální estetický účinek vytratí původní záměr. Toho se autor musí vyvarovat. To ale neznamená, že by se barvy neměly vůbec používat. Barvy mají podstatný účinek na vnímání člověka. Je dokázáno, že prvotní dojem z prostředí si člověk udělá během prvních 90 sekund. A 62 - 90 % z tohoto dojmu pak vychází z barev.

Každý člověk má vnímání barev subjektivní. Obecně ale platí, že přírodní barvy lidé vnímají podobně. Např. modrá barva je spojována s mořem nebo oblohou a působí tak výrazem nekonečna. Zelená barva je spojována s lesem a má uklidňující účinek.

Problémem u výběru vhodných barev také může být národnostní rozdíl. Zatímco u nás je symbolem smutku černá barva, v Asii to je barva bílá.

Pro použití barev je také důležitý kontrast. Vysoký kontrast použijeme pro důležité upozornění, zatímco nízký kontrast uklidňuje a použijeme ho pro sdělení s normální důležitostí. [7]

Ilustrace

Podstatnou součástí učebních textů jsou ilustrace, grafy a tabulky. Pokud je jejich použití možné, jedná se o nejlepší způsob výuky, jelikož lidský mozek snadněji pojme vizuální informaci než psaný text. Kvalitně zpracované ilustrace vedou zároveň k tomu, že se text stává atraktivnějším a pro studenta méně unavujícím než prostý text. Je nutné používat ilustrace v maximální možné kvalitě. Nekvalitní obrazový materiál má úplně obrácený efekt a ztěžuje čitelnost celého bloku textu, a proto i zde by měly být zachována pravidla týkající se kontrastu, jasu a barevnosti. [6]

- *BMP formát* – je nativní (přirozený) formát systému Windows. Není nikterak komprimován a velikost souboru je teda v zásadě dána součinem šířky, výšky a bitové hloubky. Je tedy značně velký a nepraktický. Jeho výhodou je to, že lze otevřít na každém počítači a s velmi rychlým načtením.
- *GIF formát* – tento formát byl speciálně navržen na poskytování ilustrací na internetu. Významně zmenšuje datovou velikost souboru, převedením do 256 barev. Tento formát byl velmi oblíbenou možností, jak jednoduše animovat obrázek.
- *JPEG formát* – je to nejvíce používaný formát, má příponu *jpg*. Tento formát je komprimovaný. To znamená, že je u něj použit matematický algoritmus, který vyhledá v obrázku sousedící body podobné barvy a tyto barvy jsou poté zaznamenávány společně. Nedostatkem tohoto formátu je pomalejší načítání, jelikož se musí provést zpětná dekomprese.
- *Vektorové formáty* – tyto formáty nabízejí špičkovou kvalitu při minimální velikosti souborových dat. Na rozdíl od rastrových formátů popisujících plochu obrázků, vektorové formáty popisují jednotlivé objekty. V produktech Microsoft Office se používá formát *wmf*. CorelDraw používá *cdr* apod.

Animace

Pro oživení statických e-learningových textů a ilustrací, je možné použít animace. Animace mají mít praktický význam, a to především k dokreslení právě probírané problematiky. Jejich užití je velmi výhodné, ale je třeba udržovat optimální množství. Jestliže se na studenta najednou „rozblíká“ několik animací, ztrácí se přehlednost. U animací je také důležité, aby přechod jednotlivých snímků byl plynulý a kvalitní, jelikož mohou mít nepříjemný efekt na oči a tím uživateli znepříjemnit čtení textů. Animace lze použít na krátké ukázky, postupy apod. [6]

Audio a video

Další velkou výhodou použití elektronických učebních textů je začlenění audio a video sekvencí. Jejich využití je omezeno velikostí výsledného souboru,

která je u online systémů velmi omezena přenosovou rychlostí uživatelského připojení do sítě. Audio a především video sekvence mohou mít hodně různých formátů. Vzniká tedy nutnost vhodného použití formátu, aby byl student schopen audio či video soubor přehrát na jakémkoliv počítači.

Stejně jako u animací je potřeba používat audio a video soubory v dobré kvalitě, rozumné míře a pouze k lepšímu pochopení probíraného tématu. [6]

Formuláře

V e-learningových systémech je možné využívat různé formuláře, které mohou sloužit jako ankety, průzkumy, dotazníky nebo jako kontrolní otázky, popřípadě výstupní testy. Tyto formuláře mohou poskytnout zpětnou vazbu o průběhu kurzu u jednotlivých uživatelů, o jejich postupech ve vzdělání. Zároveň mohou sloužit jako výzkum toho, co by uživatelé v kurzu chtěli doplnit, změnit, nebo co dále od kurzu očekávají. Jedinou podmínkou při tvorbě formulářů je to, aby byly jasně pochopitelné a každý uživatel s nimi dokázal pracovat. Bez toho nebudou výsledky mít potřebnou vypovídající hodnotu. [6]

Elektronická diskusní fóra

Diskusní fórum je v podstatě komunikací mezi studentem a lektorem, popřípadě mezi jednotlivými studenty. Osoby účastníci se diskuze na určité téma si vzájemně pomáhají s daným tématem. Různí lidé mají na dané téma různé názory, čímž si účastníci diskuze rozšiřují své povědomí o problematice. Otázky a odpovědi zůstávají v systému uloženy, a tak je možné se k nim kdykoliv vrátit. Lektor v těchto diskuzích může najít zajímavé nápady a myšlenky, kterými může obohatit kurz. Také má možnost podle reakcí studentů najít složitější pasáže výkladu. Tyto pasáže poté může v textech více rozebrat a pomoci tak účastníkům kurzu k jejich pochopení. Systém diskuzí může být využit pro spolupráci mezi studenty, kteří mají společně ve skupině vyřešit zadaný úkol. To vede nejen k lepšímu pochopení probírané látky, ale účastníci se tak učí i týmové práci. [6]

2.5 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ A STANDARDY E-LEARNINGU

2.5.1 LMS a LCMS

LMS

Systém LMS (Learning Management System) je virtuálním studijním prostředím v e-learningových systémech. Tento systém je soubor aplikací, které zabezpečují administrátorské úlohy. Celkově řídí celý e-learningový systém od vytváření a správy výukových materiálů, jejich správu a aktualizaci, komunikaci se studenty, přihlašování popř. odhlašování do jednotlivých kurzů až po vyhodnocování domácích úloh. Pro studenta LMS znamená výukový prostor, kde najde aktuální zprávy z vyučování, domácí úlohy. Může se zde účastnit on-line vyučování, diskutovat s tutorem nebo se spolužáky. [8]

Existují různé řešení LMS systémů, např. Atuto, Docebo, Microsoft Class Server a nebo Moodle, který je použit na VUT v Brně a mnoho dalších.

LCMS

Systémy LCMS (Learning Content Management System) jsou takové systémy, které slouží k tvorbě e-learningových kurzů. Pomocí těchto systémů je řešen týmový vývoj kurzů současně s jejich údržbou. Tyto kurzy poté využívají LMS. Spojení LMS a LCMS je zajištěno normami AICC a novější normou SCORM. LCMS zajišťuje dále správu a opětovné použití obsahů jednotlivých kurzů, dekompozici látky nebo naopak její kompozici do větších celků, detailní sledování činnosti uživatelů a vyhodnocování jejich aktivit.

Mezi nejrozšířenější systémy patří např. TotalLCMS, Saba Kontent Management apod.

Vztah mezi LMS a LCMS

Jedná se o nezávislé systémy. Jejich spojnicí je nejčastěji e-learningový standard SCORM. Ten definuje chování jednotlivých učebních jednotek tak, aby systém LMS byl schopen spolupracovat s libovolným obsahem splňující tento standard. Zákazníci tudíž mohou využívat LMS a LCMS od různých výrobců a díky tomuto standardu budou spolu systémy správně spolupracovat. Někteří výrobci

produkují LMS i LCMS systémy. Tyto systémy spolu lépe spolupracují a nabízejí vyšší formu integrace, než jakou může SCORM standart nabídnout. [9]

2.5.2 Standardy pro e-learning

Všeobecně standardy jsou jistým souborem pravidel nebo procedur schválených standardizační organizací. Ne jinak tomu je i u e-learningových standardů.

Standardy v e-learningu určují zejména tvorbu kurzů a způsob napojení LCMS na LMS. Tyto standardy jsou důležité jak pro poskytovatele e-lerningu tak pro uživatele. Zákazník má jistotu kompatibility zakoupených kurzů a tvůrci se mohou věnovat dalším vylepšením než řešit pouhé poskytování vzdělávacích obsahů.

AICC

Standart AICC (Aviation Industry Computer-Based Training Committee) byl původně vytvořen pro letecký průmysl a nyní je používán jako jeden z nejrozšířenějších standardů pro e-learning. Členové společnosti AICC tvoří skupinu leteckých výrobců, instruktorů, softwarových prodejců a developerů CBT (Computer-Based Trainnig) výukových kurzů. Jeho dnešní význam je spíše historický, ale stále existuje velké množství LMS tento standard podporující.

Podle standartu AICC se obsah dělí na spustitelné jednotky, které se velmi často označují jako lekce. Tato jednotka je z hlediska LMS dále nedělitelná. Tyto spustitelné jednotky obsahují většinou ucelený výklad složený z řady stránek, kapitol apod. Kromě vlastního obsahu je v nich integrováno ovládání pro navigaci v lekci. Spustitelné jednotky lze skládat do kurzů. Kurz lze navíc volitelně členit na bloky, které mohou být zanořené ve více úrovních. Mezi lekcemi a bloky v kurzu lze definovat logické podmínky průchodu. Kurzy by měly obsahovat soubory, které popisují strukturu kurzu, parametry lekcí a podmínky průchodů do dalších částí kurzu. Existuje několik stupňů standardu AICC. Kvalitní LMS a obsah by měly vzájemně komunikovat, měly by si předávat nejen data o běžící lekci – uživatel, který lekci spustil, čas spuštění, doba strávená v systému, celkové dosažené „skóre“ a

místo odkud bude uživatel při příští návštěvě pokračovat, ale i přesné informace o tom, jak uživatel v lekcích odpovídal na testovací otázky. [10]

Pokud produkt vyhovuje AICC standardu, lze získat i jeho certifikaci přímo od AICC společnosti. Tento proces je však poměrně nákladný. Existují i levnější varianty. Od AICC lze získat program, který nám ověří zda vyvinutý produkt tomuto standardu vyhovuje. Pokud ano, lze jej poslat na certifikaci přímo do AICC. Vyhnete se tak časovým a finančním ztrátám při opakovatelném odmítnutí splnění standardu.

SCORM

Standard SCORM (Shareable Content Object Reference Model) je projektem společnosti ADL (Advanced Distributed Learning) založeným jako iniciativa amerického ministerstva obrany, s cílem poskytnout přístup k výuce a výcviku. SCORM je v současnosti nejpoužívanějším standardem e-learningu. Přináší nový pohled na strukturu obsahu oproti standardu AICC. SCORM je sada specifikací skládajících se ze tří částí.

- Content Aggregation Model (CAM) – tato část popisuje výukové komponenty, jak je zabalit při exportu ze systému, jak je popsat, aby bylo možné jejich prohledávání, a jak definovat pravidla pro jejich uspořádání.
- Run-time Environment (RTE) – popisuje požadavky LMS pro řízení runtime prostředí (např. spouštění procesů obsahu, komunikace mezi obsahem a LMS nebo standardní elementy používané při procházení informacemi o studentech).
- Sequencing and Navigation (SN) – tato část pojednává o uspořádání výukových objektů při běhu systému a umožňuje výukovým objektům určovat navigační požadavky.

SCORM se primárně zaměřuje na webové prostředí. Tento způsob eliminuje přizpůsobování obsahu různým platformám.

Mezi základní principy tohoto modelu patří: [11]

- Přístupnost – schopnost lokalizovat a zpřístupňovat výukové objekty z jednoho systému a doručovat je do mnoha dalších.
- Přizpůsobivost – schopnost přizpůsobit se potřebám jednotlivců nebo společností.
- Dostupnost – schopnost zvyšování výkonnosti a produktivity snížením nákladů zahrnutých v doručování obsahu.
- Stálost – schopnost odolat technickému vývoji bez větších finančně náročných úprav.
- Interoperabilita – schopnost převzít výukové objekty vytvořené v nějakém prostředí a platformě, a následně je používat na jiných systémech a platformách.
- Znovupoužitelnost – pružnost začlenit výukové objekty do různých aplikací a kontextů.

Přestože pro tvorbu balíčků SCORM je možné využít i textový editor, větší pohodlí nám poskytne jeden z několika autorských nástrojů jako jsou Macromedia Authorware, ToolBook Instructor a další. Většina těchto nástrojů spolupracuje i se standardem AICC.

IMS

IMS (The Instructional Management Systems) definuje způsob, jakým sdružit součásti výukového objektu do jednoho celku, vhodného k přenosu a následnému zpracování. Tento celek je většinou dále zkomprimován do nějakého klasického formátu, např. *rar*, *zip*, *jar* apod. Jedná se tedy o způsob založený na jazyce XML (Extensible Markup Language). Takto sdružený balíček obsahuje adresář, kde je uložen XML dokument obsahující strukturu balíčků, tzv. manifest. Tento manifest je rozdělen do tří částí: [12]

- metadatový popis výukového objektu
- seznam zdrojů
- organizace balíčku (popis vnitřní struktury balíčku)

Standard IMS umožňuje zpracovávat a distribuovat výukové objekty jako celky společně se všemi součástmi uloženými v balíčku. IMS nám zaručuje interoperabilitu na úrovni celých výukových objektů a ne na jejich obsahu. Proto je třeba zajistit, aby součásti balíčku byly všeobecně uznávané a používané soubory, a tím umožnit koncovým uživatelům jejich bezproblémový chod. [12]

IEEE

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) je největší standardizační společnost na světě, založená roku 1884. Tato organizace kromě vydávání standardů, zprostředkovává pořádání konferencí a vydávání odborných časopisů.

Jedním z mála oficiálních standardů e-learningu z dílny této organizace byl vydán pod označením 1484.12.1 – 2002 IEEE Standard for Learning Object Metadata. Tento standard se skládá z několika částí, které specifikují výukový objekt. Část Standard for Learning Object Metadata specifikuje koncepční datové schéma, které definuje strukturu výukového objektu. Pro tento standard je jakákoliv digitální nebo nedigitální entita určená výuce, vzdělávání nebo procvičování, považována za výukový objekt. Tento standard není příliš často používán přímo, ale je využíván většinou reprodukovatě v podobě jiných standardů, např. SCORM. Tento standard ještě doplňuje standard LOM - XML Binding (1484.12.3). Tato část standardu IEEE LOM popisuje způsob výměny dat instancí standardu IEEE LOM mezi řídicími systémy s implementovaným datovým modelem 1484.12.1. [13]

ADL

Organizace ADL (Advanced Distributed Learning) založená americkým ministerstvem obrany má obdobně jako již zmíněné organizace za úkol usměrňovat vývoj v oblasti e-learningu, tvorbu dostupných a kvalitních výukových materiálů, atd. ADL si v oblasti standardizace klade za cíl působit jako most mezi průmyslovými, akademickými složkami (IEEE, AICC, IMS) a standardizačními organizacemi s obecným zaměřením (ISO, W3C).

Snahou této organizace je soubor doporučení SCORM udržovat tak, aby byl trvale se standardy IMS, IEEE, AICC kompatibilní. Nejedná se o žádné standardy na vysoké formě abstrakce, ale o standardy, které jsou velmi technické. Pro ilustraci smyslnosti a splnitelnosti technických specifikací ADL poskytuje také referenční implementace - např. z webu ADL lze stáhnout a zprovoznit jednoduchý běhový systém (SCORM Version 1.2 Sample Run-Time Environment Version 1.2.1) pro přístup k již vytvořeným demonstračním výukovým materiálům. Společným jmenovatelem všech ADL technických standardů je opět XML. [14]

2.6 EKONOMIKA A LOGISTIKA E-LEARNINGU

Při analyzování faktorů ovlivňujících výši nákladů, čili faktory ovlivňující ekonomiku elektronického vyučování, je návrh rozdělen do tří fází: [15]

1. Přípravná fáze

Pro úspěch učebního procesu je nejdůležitější. V této fázi se určí učební cíle, zpracování studijních opor, zajištění tutorů a logistické zajištění učebního procesu. Do ekonomických faktorů v přípravné fázi patří:

pozn. všechny níže uvedené ceny jsou podle [15] z roku 2001

- **Náklady na určení modulu, osnov a vzdělávacího cíle** - stanovení nového modulu a jeho rozsahu je velmi závažný úkol, který mohou realizovat zkušení pracovníci-analytici a pedagogové. Zpracování tedy vyžaduje alespoň dva pracovníky. Dále je také nutné modul po vytvoření opakovat. Bývá zvykem najmout dva oponenty a stanovit jim odměnu podle rozsahu modulu.
- **Náklady na studijní oporu** - zde se náklady pohybují podle rozsahu modulu. Náklady se tedy uvádějí za jednu stránku textu. Např. za jednu normostránku textu včetně její metodické úpravy pro elektronické vzdělávání bylo 400,- Kč a více, jazyková korektura – 40,- Kč za jednu stránku opraveného textu atd.
- **Akreditace** – je-li důležitá a nutná pro daný kurz. Jde o zpracování žádosti o akreditaci, např. poplatek k žádosti o akreditaci, vyhotovení kopií, poštovné apod.

- A v neposlední řadě také výplaty pro manažera kurzu, manažera programu, administrátora.

2. Realizační fáze

Je to soubor aktivit, které realizují učební proces, navržený v předchozí fázi.

V této fázi jsou faktory ovlivňující náklady především tyto:

pozn. všechny níže uvedené ceny jsou podle [15] z roku 2001

- Náklady na pronájem učebních prostor a na amortizaci zařízení a přístrojů.
- Náklady na drobné občerstvení podávané během učebního kurzu a to 12,- Kč na osobu na den.
- Lektorský honorář ve výši 300,- Kč za hodinu a více.
- Úhrada za dohodnutý počet konzultačních hodin ve výši 300,- Kč a více za jednu hodinu, odměna za opravení písemných úkolů 4 úkoly za jednu hodinu s odměnou 150,- Kč a více za jednu hodinu.
- Náklady na dopravu pro manažera výukového programu, pokud je místo studia mimo stálé pracoviště.
- Úhrada mzdy technickým pracovníkům, zajišťujícím bezproblémový chod studijního servisu, ve výši 550,- Kč na jednoho pracovníka na den.
- Atd.

3. Závěrečná fáze

Ústředním tématem této fáze je ověřit, jak si zákazník osvojil potřebný rozsah studia a prověřit, jak dalece byla celková výuka efektivní. K hlavním nákladům patří:

pozn. všechny níže uvedené ceny jsou podle [15] z roku 2001

- Odměny za zkoušení – na jednoho studenta je možné počítat 300,- Kč za hodinu (nikoliv vyučovací) účasti ve zkušební komisi.
- Náklady na poštovné, telefon, fax, které vznikají při komunikaci s oponentem.

- Odměna za oponentský posudek – za napsání posudku 100,- Kč za každou stranu.
- Náklady na práci sociologa – 6 hodin po 200,- Kč.
- Náklady na vyhotovení certifikátů.
- Náklady za nájem místnosti pro zkoušení a slavnostní zakončení studia.
- Náklady na jízdné a cestovné, pokud závěrečný akt studia probíhá mimo trvalé pracoviště.

Poznámka:

Úkolem této kapitoly nebylo přesné vymezení a vyčíslení nákladů. Ekonomika elektronického vzdělávání je velmi složitá. Úkolem bylo pouhé nastínění různých druhů nákladů a ukázání cen z roku 2001 podle [15]. Je zřejmé, že elektronické vzdělávání není levnou záležitostí. Je potřeba zvážit, zda se elektronické řešení výuky vyplatí.

2.7 E-LEARNING V PRAXI

Při zavádění e-learningového kurzu do praxe je potřeba vyřešit zásadní otázku. Bude kurz čistě e-learningový nebo bude e-learning užít pouze jako podpora výuky? Přestože z výše zmíněných vlastností a výhod, kterými e-learning disponuje, by se mohlo zdát, že není problém celý kurz pojmout jako čistě e-learningový, je potřeba si uvědomit, že e-learning je stále ještě mladý a oproti klasické výuce má řadu nevýhod.

Dodnes neexistuje dostatečné množství průzkumů, které by jednoznačně určily, zda e-learning může nebo nemůže nahradit klasickou výuku. Přestože klasická výuka ve třídě s učitelem, bílou křídou a tabulí je poměrně statická a výklad učitele je mnohdy špatně stravitelný, nesmí se opomenout fakt, že tento způsob výuky zde funguje již stovky let a jeho výsledky jsou možná lepší, než si chceme připustit.

Jako ideální se tedy zdá být kombinace klasické výuky s prvky e-learningu respektive kombinace e-learningu s prvky klasické výuky. V jakém poměru mají být tyto složky zastoupeny, záleží na konkrétním případě.

„Jen vhodným sloučením klasických přístupů a e-learningu lze ze vzdělávání udělat poutavý, adresný, individuální a interaktivní proces integrovaný do každodenního života.“ [16]

2.7.1 E-learning ve školách

České vysoké školy nabízejí v současné době tři základní formy studia.

Prezenční forma (denní) – je realizována denní školní docházkou a aktivní účastí ve vyučovacích hodinách.

Kombinovaná forma – je forma studia, kdy je snížena aktivní účast na výuce a student navštěvuje výuku jednou za určené časové období. Nejčastěji se jedná o jeden, popřípadě dva dny v kalendářním měsíci. V této formě studia jde především o kombinaci aktivní účasti a samostatné práce. Tato forma je vhodná pro již pracující studenty. Většinou se jedná o zaměstnance, kteří potřebují pro svůj profesní růst vysokoškolské vzdělání.

Distanční forma – tato poslední používaná forma u nás klade důraz na samostatné projekty a aktivní účast studenta ve škole je naprosto minimální.

Z popisu možných forem studia je zřejmé, že e-learning je přínosný především pro kombinovanou a distanční formu, kdy student má málo možností přijít s vyučujícím do přímého osobního kontaktu.

Studenti spolu mají ve většině e-learningových systémů možnost spolupracovat a probrat společně v diskuzích těžší části studia. Případě se mohou přes systém obrátit přímo na vedoucího s prosbou o doplnění nebo vysvětlení. Na druhé straně vedoucí kurzu vidí, kam který student v učení došel a pomáhá mu vytipovat problematické části učiva, které je potřeba doplnit nebo zmínit ve výuce. Svou nezastupitelnou roli může elektronická výuka sehrát i v rámci prezenčního studia. V těchto situacích slouží e-learningové systémy především jako místo pro

ukládání materiálů z klasické formy výuky. Do systému se navíc mohou dodat další materiály a lekce, které mohou studentům pomoci při pochopení látky, jejíž teorii osobně slyšeli. Velmi často také e-learningové systémy ve školách slouží jako nástroj, prostřednictvím něhož jsou odevzdány samostatné práce studentů a v neposlední řadě se stále častěji také přistupuje k elektronickým bodovaným (známkovaným) testům. [4]

Některé vysoké školy dokonce nabízejí i absolvování některých oborů převážně prostřednictvím internetu. Např. na Ostravské univerzitě (www.osu.cz) lze takto vystudovat bakalářský obor „Aplikovaná informatika“. Kromě úvodního tutoriálu, udělování zápočtů a zkoušek, lze studovat u počítače doma nebo na pracovišti. O zavedení elektronického vzdělávání usilují i další vysoké školy, např. ČVUT v Praze, Univerzita T. Bati ve Zlíně, VŠE v Praze, UP v Olomouci.

Rozvoji elektronického vyučování na vysokých školách stojí v cestě několik překážek. Asi největší je akreditace výuky, která používá technologii e-learningu. V konečném efektu by mělo být jedno jakou formu studia student absolvuje. Zatím ale není jisté, jestli elektronická výuka bude mít stejnou hodnotu jako výuka klasická. Další nemalý problém je náročnost na tvorbu a realizaci kurzů. Při tvorbě těchto kurzů se musí skloubit práce zkušených pedagogů, programátorů, grafiků atd. Zaplatit tyto všechny odborníky je zatím dosti nákladné. [7]

2.7.2 E-learning ve firmách

Snahou téměř všech větších firem je důkladné a řádné zaškolení jejich zaměstnanců při nástupu do zaměstnání nebo při zvyšování kvalifikace. Tato snaha je velmi důležitá z pohledu udržení konkurenceschopnosti. To má ale za následek velké finanční náklady, ke kterým patří např. zaplacení lektora, pronájem školících prostor, případně doprava na školení, stravné apod. Do firemních financí zasahuje i to, jestli školící lektor pochází přímo z řad zaměstnanců. Jeho čas strávený výukou ostatních zaměstnanců mu zabraňuje pokračovat ve svých aktuálních projektech. Další fakt je, že i školící se studenti musejí své aktuální projekty přerušit a tudíž

firmě utíká zisk. Proto je snaha, aby školení probíhali přímo ve firmě a v co nejkratším čase.

Z hlediska nákladů je e-learning při svém zavádění dosti finančně nákladný. Tvorba vzdělávacího systému, tvorba jednotlivých kurzů a instalace potřebné techniky, zabere delší čas a nemalé finanční prostředky. Ale po úvodních krocích jsou další náklady již minimální. Lektoři jsou využiti daleko méně, ale efektivněji, a to k tvorbě kurzů a řízení výuky, a nemusí již neustále opakovat výklad. Vytvořené kurzy se snadno upravují, rozšiřují a ze získané zpětné vazby lze velmi jednoduše zjistit, kde je potřeba kurzy upravit.

Ve většině případů odpadá pronájem školících prostor a školících pomůcek. Odpadá rovněž nutnost dojíždět na školení a zaměstnanci nejsou vyřazeni na delší dobu z pracovního procesu, nýbrž mohou absolvovat část výuky ve vhodné chvíli v průběhu pracovního dne.

Jiným pohledem na výhody e-learningu ve firmách je pohled z hlediska dostupnosti školení. Při klasickém učebním přístupu nedostávají zaměstnanci potřebné informace ve chvíli, kdy je potřebují, ale až za předpokladu, že se zaměstnanců sejde dostatečné množství. Po té je nutné zajistit lektora, který by školení vedl a školící prostory. Kvůli tomu noví zaměstnanci čekají velmi dlouho, než jsou proškoleni k práci, kterou mají vykonávat, a v případě výraznějších změn v pracovních postupech trvá delší časové období, než jsou na tyto změny proškoleni všichni zaměstnanci firmy. V případě nepochopení probírané látky bývá pro zaměstnance velmi složité zajistit si opakování kurzu.

E-learning na rozdíl od klasického přístupu umožňuje firmě, aby své zaměstnance proškolila ve chvíli, kdy školení skutečně potřebují. Učební kurz pro nové zaměstnance je vytvořen dopředu, takže noví zaměstnanci mohou být proškoleni okamžitě po svém nástupu do zaměstnání.

Pokud se nějakým způsobem změní pracovní postupy, mohou si školení okamžitě, bez významnějšího zpoždění, projít všichni zaměstnanci firmy. Ke školení se mohou kdykoliv také znovu vrátit, celé nebo jeho část si zopakovat a informace mohou kdykoliv znovu najít a použít je při své práci.

Posledním velmi často zmiňovaným tématem v oblasti firemního vzdělávání je efektivnost výuky. Běžný způsob výuky s lektorem předpokládá za ideálních podmínek, že všichni studenti vnímají stejně rychle, vyhovuje jim způsob výuky lektora a chtějí v dané chvíli probírané téma poslouchat a pochopit. Využití e-learningového systému všechny tyto negativní stránky klasické výuky potlačuje. Každý student si prochází kurzem svým vlastním tempem. Vrací se k různým tématům a volí si z různých možností výkladu problematiky, které mu systém poskytuje. V neposlední řadě si kurz spouští uživatel ve chvílích, kdy potřebuje a má čas se kurzu plně věnovat, navíc je mnohem více aktivně vtahován do výuky, než tomu bývá u klasických školení.

Další nespornou výhodou e-learningových kurzů je to, že poskytují autorům a vedoucím kurzu okamžitou zpětnou vazbu o tom, jak si který student v kurzu vede, jestli má daný kurz správný efekt a zda není nutné daný kurz přepracovat. [16]

2.8 VÝHODY A NEVÝHODY E-LEARNINGU

Každá nová metoda nebo řešení nějaké problematiky, která se objeví, je podrobena důkladné analýze, srovnáváním a zhodnocením. Ne jinak tomu je i u e-learningového vyučování. E-learning s sebou přináší jak řadu výhod, tak i nevýhod oproti klasickému vyučování. Záleží pak na finálním řešení a způsobu využití, zda bude e-learning prospěšný či naopak.

2.8.1 Výhody e-learningu

Výhody e-learningu se dělí do třech základních skupin, a to z hlediska poskytovatele (zaměstnavatele), z hlediska uživatele e-learningu (studenta) a v neposlední řadě sjednocení obou hledisek, tedy jak z hlediska studenta, tak z hlediska poskytovatele. [17]

2.8.1.1 Z pohledu studenta (účastníka výukového kurzu)

Dostupnost – v anglické literatuře označováno jako „Just in time“. E-learningový systém je přístupný na rozdíl od tradičních vzdělávacích kurzů kdykoliv a poskytuje

informace v čase, který není určován vzdělávacími centry nebo školicím plánem podniku a instituce, nýbrž samotným uživatelem. Informace jsou tak získány ve správný čas a přesně podle potřeb uživatele, který si může vybrat, na kterou část probírané látky se chce zrovna zaměřit. E-learning tak umožňuje uživatelům studovat jak doma, tak v práci nebo ve speciálním školicím centru.

Efektivnost výuky – nejvíce citovaným přínosem e-learningu je jeho flexibilita. [17] Ta je umožněna díky tomu, že veškeré informace jsou uspořádány do malých přehledných modulů, ze kterých se skládají jednotlivé kurzy. Tímto vznikají kurzy přesně podle potřeb uživatelů.

U klasické výuky je efektivnost výuky značně proměnlivá a závislá na kvalitách vyučujícího. Porovnávat však efektivnost výuky klasické a podporované e-learningem je poměrně obtížné.

Na univerzitě v Hradci Králové byl proveden výzkum, pod dohledem PhDr. Ivany Šimonové, pro zjištění rozdílu efektivity u těchto dvou druhů výuky. Základ studijního prostředí tvořil LMS WebCT, kde byli jednotlivé e-předměty provozovány. Studenti experimentální skupiny měli kromě studijních materiálů v e-podobě, možnost procvičit si naučenou látku prostřednictvím testů a kvízů. Výsledkem této studie bylo zjištění, že skupina využívající ke studiu e-learningovou podporu výuky, dosáhla v oblasti úloh ověřující zapamatování, porozumění poznatkům a použití vědomostí v problémových situacích, minimálně stejných studijních výsledků v porovnání se studenty vyučovaných prezenčně.

Individuální přístup – V klasické výuce je student spíše pasivním účastníkem, v e-learningovém kurzu toto však přestává platit. Uživatel e-learningu je naopak interaktivním systémem donucen informace vyhledávat a nacházet v nich potřebné znalosti. Volbu probírané látky si uživatel zvolí sám podle svých potřeb, již není závislý na dovednostech a možnostech lektora. Při tradičním vyučování nebo školení získají všichni účastníci stejné podkladové materiály ve stejné formě zaměřené na řešení stejných problémů.

Moderní e-learningový systém umožňuje pro každého uživatele vytvořit jeho profil, tj. soubor informací o samotném uživateli, jeho studijním stylu, již absolvovaných kurzech a tím pádem systém může navrhnout a definovat další směr vzdělávání v podobě navazujících výukových modulů.

Interaktivita – E-learningový systém je interaktivní prostředí. V poskytování informací se neomezuje pouze na formu textu případně doplněnou obrázky. Přináší do výuky mnoho multimediálních prvků, které zvyšují srozumitelnost probírané látky.

Velmi oblíbenou formou interaktivity je v poslední době možnost simulace. Uživatel má možnost vyzkoušet reálné problémy a navrhnout určitý druh řešení. Poté mu jsou vráceny výsledky, ze kterých je vidět, jestli uživatel postupoval správným směrem, nebo jestli uživatel udělal chybu. V nejlepším případě mu systém vysvětlí, kde udělal chybu a proč toto řešení, které uživatel navrhl, nelze použít. Tento prvek ovšem vyžaduje poměrně složité a nákladné řešení simulačních doplňků.

Možnost testování znalostí – Uživatelé e-learningu mají možnost otestování svých znalostí po absolvování jednotlivých vzdělávacích lekcí. K tomuto kroku se uživatel může kdykoliv vrátit a i po nějaké době může otestovat své znalosti a zjistit, jestli vše co se předtím naučil nezapomněl.

Stejný úkol lze řešit vícekrát (různými metodami) bez obavy z chyby a díky možné anonymitě to dovoluje prosadit se i stydlivějším, nejistým nebo těžko se vyjadřujícím se studentům, kteří by během normálního kurzu aktivitou příliš neoplývali.

Rychlejší a lépe zapamatovatelné vstřebávání informací – Tento názor vychází z předpokladu, že uživatel dostává pouze informace, které on sám bezprostředně vyžaduje. Navíc v interaktivní formě, díky které uživatel postupuje rychlejším tempem než při klasické výuce. Informace jsou předávány po malých částech a znalosti jsou velice koncentrované, což znamená, že tedy učební materiály nemusí obsahovat žádné zbytečné texty.

2.8.1.2 Z pohledu poskytovatele e-learningu (zaměstnavatele)

Menší náklady na vzdělávání – Dalším velmi žádaným přínosem e-learningu je jeho efektivnost po finanční stránce. Marketing mnohých firem zabývajícím se e-learningovým vzděláváním je postaven právě na aspektu finanční úspory. Jejich názor je takový, že u e-learningového řešení vzdělávání odpadají náklady na tisk materiálů, na dopravu, ubytování a stravování studentů na místě školení. Dále je zde zahrnut i zisk z ušlé příležitosti, to je čas strávený na vzdáleném školení. Toto platí v případech pracujících uživatelů.

Přestože se většina odborníků shoduje, že jisté finanční výhody e-learningové řešení určitě přináší, ne vždy se jejich názory zcela shodují. Například Evropská komise uvádí číslo 32,4 % jako procentuální podíl nákladů, které lze ušetřit oproti tradičnímu vzdělávání. Na druhou stranu metody kalkulace nákladů se významně liší u Spojených států amerických, kde se tento ukazatel pohybuje okolo hodnoty 75 %. Hlavní rozdíl ve výsledcích pravděpodobně spočívá v rozdílné velikosti evropského a amerického trhu a v rozdílné připravenosti firem na zavedení e-learningového řešení.

Pravdou ovšem je, že počáteční náklady na zavedení e-learningu jsou vysoké, s počtem účastníků však klesají, a od určitého množství uživatelů jsou pak náklady na každého dalšího studenta-uživatele téměř nulové. [18]

Snadná administrace – E-learningový systém zahrnuje jako jednu z hlavních složek také administrativní stránku vzdělávacího procesu. Veškeré nutné administrativní práce byly a v mnoha případech stále jsou prováděny především v papírové podobě, která prochází jednotlivými odděleními firmy, kde jsou její dílčí části zpracovány. Tento způsob však značně zvyšuje nároky na lidskou práci spojenou s administrací.

Kvalitní e-learningový systém zahrnuje veškeré pomocné funkce pro registraci uživatelů, plateb, monitorování vzdělávacího procesu, testování uživatelů zpracování jejich výsledků.

Jinou výhodou komplexně administrativně vytvořeného systému je možnost provádění certifikace uživatelů, kterou využívá čím dál více firem. Problém

ovšem spočívá v nejednotnosti požadavků na výsledky testování znalostí. Nejednotné jsou v různých firmách i testové otázky. Každá firma poskytující certifikaci se snaží o prosazení svého certifikátu a zvýšení jeho důležitosti v tržních podmínkách tak, aby uživatelům jméno certifikační firmy přinášelo co největší konkurenční výhodu na trhu pracovních sil.

2.8.1.3 Z pohledu uživatele i poskytovatele

Větší aktuálnost informací – Síťové technologie umožňují neustálou synchronizaci dostupných zdrojů a prezentaci nejaktuálnějších materiálů. Změny v obsahu e-kurzů (ať už jsou dané třeba zastaráním nějaké informace, změnou legislativních opatření, změnou v požadavcích uživatele nebo změnou související se samotnými produkty) lze provádět díky propojitelnosti a pravidelné aktualizaci serverů ihned, z jednoho místa a velmi snadno. Obsah tak nezůstává statický, jako je tomu v případě tištěných materiálů, jejichž aktualizace je poměrně složitá a finančně nákladná.

Shodný obsah pro všechny studenty – Při vzdělávání prostřednictvím e-learningového systému dostává každý uživatel stejné informace (pokud nebereme v potaz změnu modulů díky aktuálnímu vývoji znalostí databáze v daném oboru). To není možné u tradičních kurzů dosáhnout. Mění se lektori, používají se různé informační zdroje a materiály. Tento nesoulad v získaných znalostech může ve firmě způsobit nemalé problémy, jsou-li přijaté informace interpretovány několika způsoby. Největší problém může nastat u oborů, které by měly být standardizovány, například instrukce pro vojenské operace nebo právní zásahy. Problém může ovšem nastat i při docela jednoduchých kurzech, na kterých závisí další práce zaměstnance, například kurz na seznámení s vnitropodnikovou kulturou a pravidly.

Modularita – Znalosti jsou studentům poskytovány v tzv. modulech, což je činí jednak rychleji vstřebatelnými, ale především daleko přehlednějšími. Moduly lze charakterizovat jako malé části logicky spjatého obsahu na určité téma.

V jednotlivých kurzech lze takto charakterizovat například jednotlivé podkapitoly.

Další výhoda modulů je jejich snadná aktualizovatelnost. Pokud totiž nějaký z modulů zastaral, například vlivem příchodu nové verze aplikace, či novými objevy v daném oboru, není žádný problém ho odstranit a následně nahradit novým modulem, který je doplněn i novými funkcemi.

Zvyšování obecných znalostí z informačních technologií – E-learning je podporován mnohými informačními a komunikačními technologiemi, které je nutné k efektivnímu použití systému umět ovládat. Díky snadným navigacím a potřebě vzdělání v informačních technologiích pro okamžité využití lze říci, že používání e-learningu pomáhá zvyšovat znalosti z tohoto oboru daleko rychleji, než tradiční vzdělávání.

2.8.2 Nevýhody e-learningu

I když se zdá, že e-learning je pro výuku dokonalý, není tomu tak. Existuje několik nedostatků, které brání efektivnímu využití tohoto relativně nového vzdělávacího systému.

Nekompatibilita komponent – Na toto téma se vede mnoho debat. Problém, který se řeší, je, jak dosáhnout úplné kompatibility kurzů s různými systémy. Kvůli nedodržování standardů a nejednotnosti LMS i postupů při tvorbě kurzů totiž dochází k tomu, že ne každý kurz je použitelný ve všech systémech. Zatím chybí jasná platforma, která by byla všeobecně uznávaná a používána všemi - něco jako formát PDF pro dokumenty. Vytvoření standardů by dovolilo popsat obsah e-learningových kurzů podle stejných charakteristik, takže by s ním pak mohly pracovat všechny existující e-learningové platformy. V současné době probíhá mnoho pokusů o vytvoření standardů ve Spojených státech amerických (AICC - letecký průmysl, IEEE - inženýrství, ADL - obranné systémy, IMS - univerzity) i v Evropě (ARIADNE - vzdělávání), ovšem zatím nebyly žádné všeobecně přijaté standardy vytvořeny. Jako možné řešení se nabízí používání formátu XML, pomocí něhož by mohl být uložen vlastní

obsah kurzů a všechny důležité údaje. Formát XML je otevřený a lze jej proto implementovat na všech platformách.

Závislost na technologiích – Uživatelé e-learningu potřebují mít zajištěn trvalý přístup k určitému hardwaru i softwaru, aby mohli plně a efektivně využít funkce e-learningového systému. Tento požadavek se však může stát kritickým, protože ne každá firma takovým vybavením disponuje a jeho pořízení může být pro mnoho firem příliš nákladné. Pokud však není vybavení dostatečné, mohou vznikat problémy - následkem může být například limitovaný objem obsahu, nižší přenosová rychlost nebo nemožnost využití multimediálních doplňků. Některé názory dokonce hovoří o významných demotivujících aspektech e-learningu, které mají původ právě v technologických bariérách.

Tato bariéra by snad měla být brzy odstraněna. Vývoj technologií je velmi rychlý a jejich ceny klesají. Internetové připojení má dnes již skoro každý a jedinci i firmy vynakládají na technické vybavení značné prostředky. Jinou otázkou je, zda všichni lidé budou mít k těmto technologiím přístup. Většina odborníků z oblasti vzdělávání se obává, že e-learning ještě více prohloubí propastné rozdíly mezi kvalifikovanou a nekvalifikovanou pracovní silou, která ve většině případů možnost využívat tyto technologie nemá.

Nevhodnost pro určité typy studentů - Přestože možnosti e-learningu přizpůsobit se přesným potřebám, přáním i požadavkům uživatelů jsou velké, nedá se říci, že by byl e-learning opravdu pro každého. Většina e-learningových aplikací komunikuje s uživateli pomocí textových zpráv. Z tohoto důvodu je nutné, aby uživatelé dokázali převádět své myšlenky a řešení praktických úkolů do slovní podoby. Pokud to je pro někoho obtížné, jsou jeho možnosti omezené.

E-learning se také nehodí pro sluchové a pohybové typy studujících. Pro ty je nejvhodnější klasické školení. Rovněž i starší lidé e-learning odmítají buď z principu (odpor ke všemu novému), nebo se již nechtějí či nejsou schopni naučit nové technologie ovládat. V neposlední řadě také mnoha lidem schází spolupráce s ostatními studujícími a při studiu se cítí osamoceni.

Princip dobrovolnosti – Vzdělávání pomocí e-learningu je jedna z činností, která není ve většině případů na zaměstnancích či ostatních typech studentů přímo vyžadována. Záleží tedy zejména na motivaci a sebekázni každého jednotlivce. Na tom, zda se opravdu chce něco naučit a obětovat svůj čas i úsilí. Největším problémem je určitě čas, který je nutný studiu věnovat.

Převážná většina prosperujících firem dosáhla své pozice i tím, že produktivita jejich zaměstnanců dosáhla poměrně vysoké úrovně. Zaměstnanci často nepracují zákonných osm hodin denně, ale deset, dvanáct, někdy dokonce i více hodin podle aktuální potřeby. Potom je samozřejmě velmi obtížné najít dostatek volného času pro vzdělávání. A pokud se snad nějaký čas nalezne, často zapůsobí faktor únavy či demotivace z další činnosti související s prací.

Vysoké počáteční náklady – Přestože nákladová složka je citována především jako výhoda pro firmy, které zavádí e-learning do svých infrastruktur, často se mluví o nákladech na e-learning i v záporném slova smyslu. Variabilní náklady, tedy náklady na distribuci a řízení e-learningových modulů, jsou skutečně daleko menší ve srovnání s tradičním modelem vzdělávání. Ovšem do celkové kalkulace je nutné zavést i náklady, které souvisí s vývojem znalostních databází a s technologickou a multimediální podporou systému.

U tradiční formy vzdělávání jsou tyto náklady převážně zahrnuty v ceně školení. Zvláště pokud školení probíhá u poskytovatele ve školicím centru.

Závislost na lidské podpoře – Většina firem používajících e-learning jako jednu z forem firemního školení používá pro své e-learningové aktivity interní i externí podporu. Interní podpora často zahrnuje kvalifikované zaměstnance z řad IT oddělení firmy. Externí pak lektory, vývojáře obsahu e-learningových kurzů a konzultanty pro samotný e-learningový systém. Až po nějakém čase, kdy je systém v provozu a funguje bez komplikací, dochází k přesunu veškeré podpory na podporu on-line - veškeré dotazy a odpovědi jsou řešeny v podobě zaměstnance personálního oddělení řídicího vlastní školení a manažerů, kteří motivují pracovníky k využívání e-learningu pro zdokonalování svých znalostí.

Z pohledu technického je problémem omezená přenosová kapacita. Přestože se rychlost internetového připojení zvyšuje, stále je nutné zvukové a video soubory komprimovat dost výrazně, čímž tyto soubory ztrácejí na kvalitě. Dá se však předpokládat, že relevance tohoto problému bude dále klesat a časem prakticky vymizí.

Absence lidského kontaktu – Přestože není problémem komunikovat s vyučujícím pomocí emailu, diskusního fóra nebo chatu, je tento způsob komunikace spíše náhražkou komunikace „z očí do očí“. Z pohledu studijního se to nemusí jevit jako problém, protože otázky studenta budou vyučujícím zodpovězeny. Ale z pohledu sociálního se může jednat o dosti závažný problém.

Jedním z kladů e-learningu je ekonomická výhodnost. Stejně tak může být záporem ekonomická nevýhodnost. Pokud se zavádí zcela nový výukový systém, bude tato operace nákladná jak časově, tak finančně. V případě, že zaváděný systém je velký a komplikovaný, je také potřeba platit techniky, kteří jej budou udržovat v provozu a aktualizovat. Proto je velice důležité si spočítat, zda se e-learningový kurz vyplatí či nikoliv.

Zásadním nedostatkem výuky elektronickou formou je také omezené množství oborů, ve kterých se dá e-learning využít. Existují oblasti, které jsou svým charakterem pro studium formou e-learningu naprosto nevhodné. Jedná se především o obory, při jejichž studiu je nezbytný mezi-lidský kontakt. Mezi takovéto obory patří třeba studium psychologie, výuka hry na hudební nástroje, medicína, personalistika a podobně.

Z oblasti spíše sociologické až filozofické je pak námitka odpůrců e-learningu, že větší využívání informačních technologií může vést k zvětšování propasti mezi společenskými skupinami. Podle této teorie se bude společnost rozdělovat do 2 základních skupin. První z nich budou lidé bohatí a vzdělaní, kteří dokáží užívat nové informační a komunikační technologie, přijímat velké množství informací a využít je k dalšímu vzdělávání. Druhou skupinu pak budou tvořit lidé

ekonomicky slabší a méně vzdělaní, kteří nebudou schopni nových technologií užívat a tím se jejich nevzdělanost bude prohlubovat. Tento problém není pouze lokálním, ale globálním. Ekonomické rozdíly mezi různými oblastmi světa jsou patrné a rozdíly ve vzdělanosti jsou vidět již dnes. Čím více se budou ekonomicky silné státy zaměřovat na edukaci formou elektronické výuky, tím hlubší propast bude.

2.9 BUDOUCNOST E-LEARNINGU

E-learning má i v dnešní době řadu nevýhod a nedostatků. Stále existuje řada nedostatků, které brání ještě většímu využití e-learningu v procesu výuky. Pokud pomineme omezení způsobená technologiemi (například přenosová rychlost běžných uživatelů je stále nedostatečná na pořádání kvalitních videokonferencí), tak je možno vyjmenovat několik nedostatků, na jejichž vyřešení budoucnost e-learningu závisí.

Prvním pohledem na budoucnost e-learningu je pohled RNDr. Tomáše Pitnera, Ph.D.: „Moderní LMS (Learning Management Systém – systém pro řízení výuky) by měl rozhodně podporovat více výukových metodik současně – a to v optimálním případě individualizovaně podle potřeb konkrétního studenta či týmu studentů. Např. jedna látka by měla být prezentována podle situace buďto klasickým výkladovým způsobem nebo pomocí příkladů nebo by mělo být vzdělávání realizováno samostatnou prací na projektech.“ [14]

Druhým pohledem na budoucnost e-learningu je pak pohled Ing. Mgr. Jiřího Rambouska: „Budoucnost e-learningu leží - nebo by měla ležet - stejně tak v rukou odborných učitelů a badatelů jako v rukou počítačových odborníků. Musíme připravit kurzy, které budou na jedné straně dostatečně otevřené a dají studentům prostor pro vlastní iniciativu, a na druhé straně nebudou bezbřehé a zmatené, které budou mít cíl, ale ne dogma, které studenta zásobí materiálem, ale nezahltí ho, a tak dále. Vše bude muset být sestaveno dohromady; musíme zjistit, jak bude fungovat on-line i off-line spolupráce s učitelem i mezi studenty navzájem.“ [19]

Shrnutím tedy může být konstatování, že budoucnost e-learningu leží na jedné straně v rukou odborníků z oblasti IT a na straně druhé v rukou vyučujících a studentů.

2.10 E-LEARNINGOVÉ SYSTÉMY NA VŠ V BRNĚ

2.10.1 E-learning na Mendelově zemědělské a lesnické univerzitě (MZLU)

Informační systém MZLU v Brně je programový systém vytvořený domácím vývojem na MZLU v Brně za účelem automatizace její studijní a vědecko-výzkumné činnosti. Podle dokumentace na [20] pokrývá v současné době tento informační systém všechny hlavní činnosti univerzity a postupně automatizuje další provozní a administrativní činnosti.

Programový soubor je také postupně zaváděn na dalších univerzitách v České a Slovenské republice. Jedná se o Slovenskou technickou univerzitu v Bratislavě, Technickou univerzitu ve Zvolenu, Vysokou školu škoda Auto a.s., Vysokou školu ekonomickou v Praze.

Informační systém je vyvíjen postupně od roku 2000 a získal již v roce 2002 3. místo v soutěži EUNIS Elite Award of Excellence, v roce 2007 byl pak v téže soutěži doporučen jako High Recommended a získal 2. místo.[20] Do konce roku 2005 byl e-learning vyvíjen jako samostatný informační systém ELIS, později došlo k akvizici a nadále je rozvíjen jako modul e-learning v rámci UIS. Modul eAgenda je v současné době vyvíjen a postupně nasazován pouze na MZLU v Brně. [20]

Co se týká technického zázemí, tak je informační systém vyvíjen nad relačním databázovým systémem Oracle Database 10g¹ s využitím možností jazyků SQL² a PL/SQL(procedurální nadstavba jazyk SQL). Aplikační vrstva je tvořena pomocí původně vlastního programového jádra a soustavy modulů a aplikačních skriptů v programovacím jazyce Perl³ za využití dalších externích aplikací - zejména sázecího systému LATEX⁴. Na různých instalacích je provozován informační systém

¹ Oracle je systém řízení báze dat, jedná se o moderní multiplatformní datábázový systém.

² SQL je standardizovaný dotazovací jazyk používaný pro práci s daty v relačních databázích

³ Perl je interpretovaný programovací jazyk vytvořený Larry Wallem.

⁴ LATEX je balík maker programu TEX, který umožňuje autorům psát své díla ve vysoké typografické kvalitě.

nad operačními systémy Linux (Red Hat Enterprise Linux, Fedora Core, CentOS) a Solaris. Nejmenší instalace informačního systému (pro testování) zahrnuje jeden počítač s procesorem Opteron, nejrozsáhlejší instalace (produkční instalace na MZLU v Brně) je provozována na 32 procesorech Opteron v šestnácti-uzlovém clusteru (aplikační strana) a 16 jádrech Sun Sparc ve dvou-uzlovém clusteru (databázová strana). [20]

2.10.2 E-learning na Masarykově univerzitě (MU)

Informační systém Masarykovy univerzity, jehož součástí je i vlastní e-learning, je samostatně vyvíjený univerzitní informační systém. Podle článků v [21] se přístupy do tohoto systému pohybují zhruba kolem 20 000 uživatelů denně.

Studenti zde provádějí potřebnou administrativu svého studia, obsluhují univerzitní elektronickou poštu a diskusní fóra, dozívají se informace o dění na univerzitě a mají možnost pracovat s e-learningovými aplikacemi pro jednotlivé kurzy. Dále také systém umožňuje zájemcům podání přihlášky do studia, ukládání dokumentů na dokumentovém serveru nebo fulltextové vyhledávání.

Pro své pedagogy vytváří tento systém mimořádné podmínky, aby mohli rozvíjet jak komplexní e-learningové kurzy, tak i tzv. rapid e-learning. Rapid e-learning je elektronická podpora výuky, která se snaží umožnit rychle ke studentům dostat studijní objekty, dělit kurz spíše na více menších aktivit, sledovat, co na studenty funguje, rychle objekty modifikovat, vylepšovat, aktualizovat a reagovat na zpětnou vazbu [21]. Kurzy jsou na základě interakce se studenty kontinuálně vylepšovány. Rapid e-learning vyžaduje analýzu toho, co se pro konkrétní kurz projeví jako užitečná elektronická podpora výuky, na co se zaměřit, čím se v poměru „cena/výkon“ zabývat.

Učitelé na Masarykově univerzitě mají k dispozici fakultní pracovníky pro uživatelskou podporu (tzv. e-techniky), celo-univerzitní pracoviště pro tvorbu multimediálních a interaktivních objektů a e-learningový zdroj obsahující metodické postupy, návody, zkušenosti učitelů s e-learningem, tipy a ukázky pro inspiraci.

Informační systém MU obsahuje mnoho e-learningových agend a širokou nabídku funkcí a služeb úměrnou množstvím fakult a rozdílnosti učitelů i oborů. Mezi

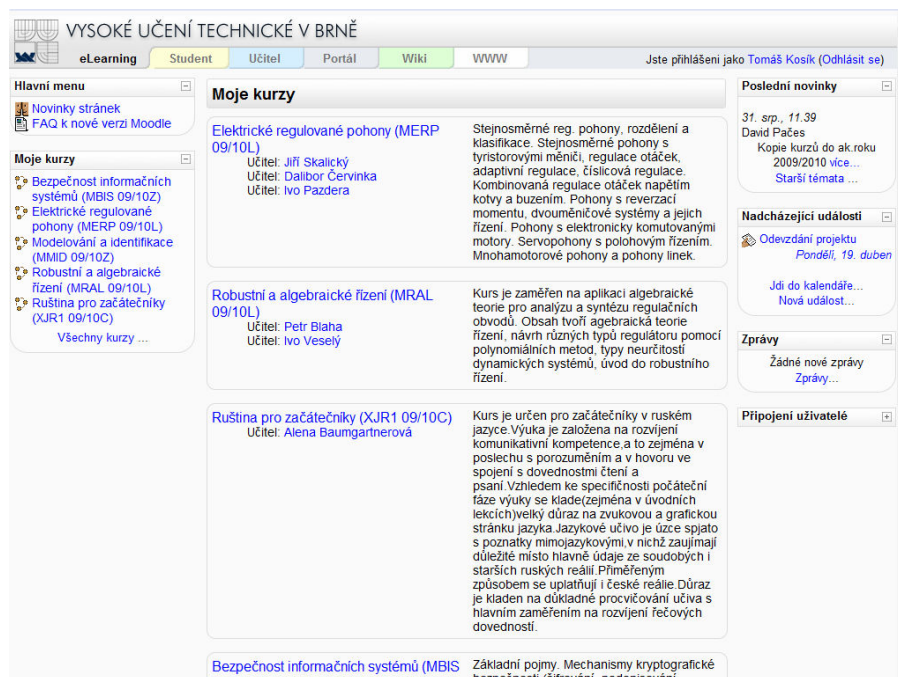
základní e-learningové agendy patří: Studijní materiály, odevzdávání úloh, diskusní fórum, interaktivní osnovy, odpovědníky, skenování písemek, prostor pro vlastní webovou prezentaci a svépomocné agendy pro studenty.

Sytém je neustále vyvíjen již od roku 1999 a postupně nasazován i na jiných vysokých školách či fakultách, například na Fakultě humanitních studií Univerzity Karlovy. Jeho provoz je zajišťován asi 40 procesory. Na většině jeho počítačů je nainstalován operační systém Linux s webovým serverem Apache a databázovým serverem Oracle. Velká část aplikací byla vytvořena v programovacím jazyce Perl. V posledních letech tomuto systému bylo uděleno několik prestižních ocenění. V roce 2005 to byla cena EUNIS Elite Award 2005, která se uděluje každoročně od roku 1999 za nejlepší implementaci informačního systému na některé z vysokých škol v Evropě. Roku 2007 získala Univerzita za svůj elektronický archiv závěrečných prací se systémem na odhalování plagiátů cenu Inforum 2007. [21]

2.10.3 E-learning na Vysokém učení technickém v Brně (VUT)

Vysoké učení technické v Brně začalo využívat e-learningový systém v akademickém roce 2005/2006 na podporu výuky. Před tímto datem neexistovala žádná univerzitní podpora e-learningu. Fakulta informačních technologií se pokoušela vytvořit vlastní LMS, avšak bez větších úspěchů na prosazení. Na Fakultě chemické již v té době probíhalo testování e-learningového systému založeného na softwarovém balíčku Moodle, který je určen pro tvorbu výukových systémů a elektronických kurzů v rámci internetu. Tento systém je poskytován jako Open source systém, který spadá pod licenci GNU. To v zásadě znamená, že je chráněn autorskými právy, ale poskytuje přitom uživatelům značnou svobodu. Moodle je tedy volně šířitelný software s otevřeným kódem. [22]

V současné době využívají tento e-learningový systém již všechny fakulty VUT, ale zatím bohužel v omezené míře. Do systému nejsou ještě začleněny všechny vyučované předměty a u velké části z nich nejsou využity všechny možnosti elektronického vzdělávání, které systém nabízí. Vyučující si sami mohou vybrat, zda svůj předmět umístí do tohoto systému, či nikoliv.



Obrázek 2-1 E-learningový systém VUT v Brně

MOODLE

Aplikace Moodle, nad kterou celý e-learning VUT běží, je podle [23] softwarový balíček pro tvorbu výukových systémů a elektronických kurzů na internetu. Jedná se o neustále se vyvíjející projekt navržený na základě sociálně konstruktivistického přístupu k vzdělávání. Lze jej použít na Unix, Linux, Windows, Mac OS, Netware a na jakémkoliv dalším systému, který podporuje PHP.

Data jsou ukládána v jediné databázi (největší podpora pro MySQL⁵, nicméně lze použít i Oracle, Access, Interbase atd.).

Nezávislost na platformě v rámci operačního systému i systému databázového dělá z Moodle silný nástroj pro tvorbu e-learningu.

Mezi další vlastnosti aplikace patří [23]:

- Jednoduché, efektivní, široce kompatibilní, technicky nenáročné a intuitivní uživatelské rozhraní.
- Snadná instalace na různé platformy, které podporují PHP. Vyžaduje pouze jednu databázi (a tu může sdílet).

⁵ MySQL je databázový multiplatformní freeware systém, využívající jazyka SQL.

- Velký důraz na zabezpečení: data ze všech formulářů jsou kontrolována, cookies jsou šifrovány atd.
- Doplnkové moduly jazyků umožňují plnou lokalizaci do jakéhokoliv jazyka. V současné době existují balíčky pro více než 34 jazyků.
- Lze použít různé metody při zakládání účtů (Standardní e-mailová, LDAP, IMAP, POP3 nebo pomocí externí databáze).
- Uživatelům lze udělovat různá práva pro různé účely.
- Široká nabídka možných činností v kurzu: fóra, deníky, testy, materiály, hlasování, dotazníky, úkoly, chat, workshop.

Moodle je vyvíjen velkým množstvím autorů již několik let, a proto o něm lze říci, že má již odladěné všechny počáteční chyby. Za dobu svého vývoje byl obohacen o mnoho užitečných nástrojů v moderním e-learningu. Má zároveň velmi širokou uživatelskou základnu, tudíž je možné za podpory zkušených uživatelů předejít veškerým možným potížím, které mohou při využívání nastat. A pokud tyto potíže z nějakého důvodu nastanou, důvod lze objevit již ve velmi krátkém čase. Pokud je ovšem k systému doplněna funkce, kterou zatím nepodporuje, je použití Moodle obtížnější. Programátor, jenž má tuto úpravu na starosti, musí znát detailně strukturu aplikace, která je psaná velmi komplexně, a z této struktury vycházet při tvorbě nových modulů.

Využití systému Moodle v rámci VUT

Celý e-learningový systém je velmi větvený. Je rozdělený na akademické roky, do nich jsou vloženy semestry. Dalším stupněm větvení jsou jednotlivé fakulty VUT. Fakulty jsou v systému dále rozděleny na ústavy a pod ústavy spadají jednotlivé kurzy, neboli vyučované předměty. Studenti jsou přiděleni do předmětů, které osobně navštěvují, ale mohou se přihlásit i do kurzu, z jiné fakulty nebo ústavu. Toto je velmi výhodné pro studenty kterým nestačí výuka nabízená na jednotlivých ústavech a chtějí se dozvědět o dané problematice více. Studenti se mohou k dalšímu předmětu přihlásit, nebo se z e-learningového kurzu vyškrtnout.

V kurzech je možné využívat mnoho modulů, které systém v současné chvíli nabízí. Jsou to klasické moduly pro přidávání dokumentů, zápisů přednášek a zvukových záznamů.

Další možností využití této elektronické studijní aplikace jsou nejrozličnější ankety, pomocí kterých se účastník kurzu může vyjádřit k zadané otázce. Dá se využít například i modul úkolů, které jsou v systému zadané, a uživatel ukládá soubor s vypracováním do e-learningové aplikace.

Další z nepřeberných možností systému je testový modul. V tomto modulu se dají vytvořit kombinované testy pro hodnocení studentů a jejich následné bodování v předmětu.

Systém dále nabízí také bohaté možnosti komunikace mezi studenty jednotlivých kurzů. Lze v něm vytvářet diskusní skupiny a je k dispozici dokonce online chat pro připojené uživatele, nebo také náhražka klasického e-mailu.

Využití systému Moodle v rámci FEKT-UAMT

V rámci fakulty elektrotechniky a komunikačních technologií na ústavu automatizace a měřicí techniky se začal e-learningový systém používat od začátku jeho existence. Ovšem stejně jako na většině dalších fakult není ještě plně využíván, i když se míra jeho využití postupně zvyšuje.

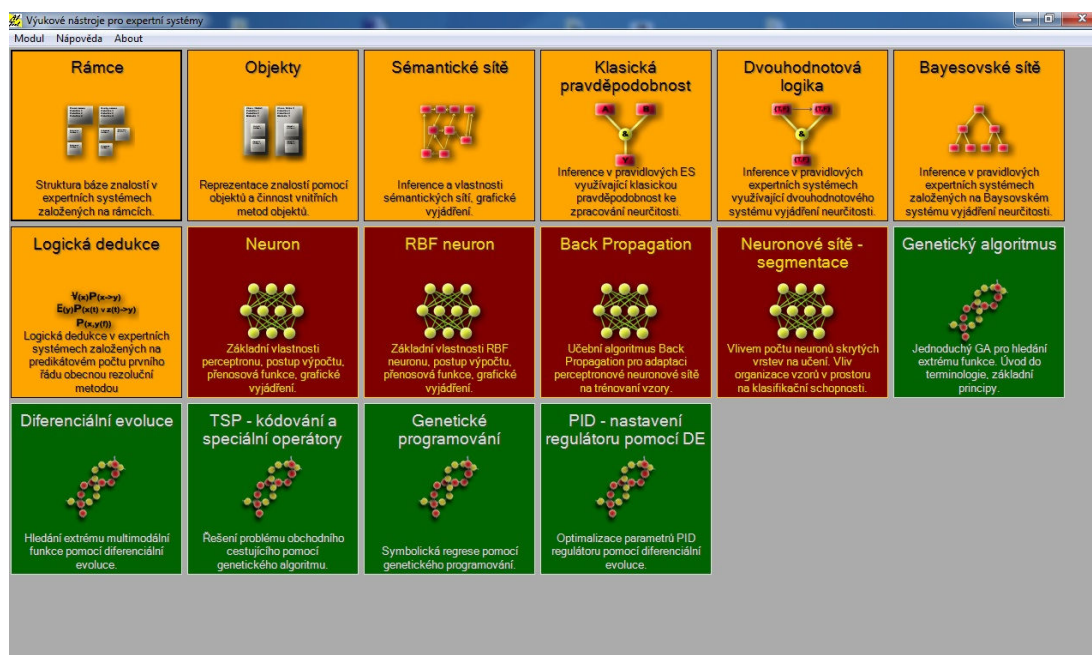
Do aplikace nejsou stále ještě přidány všechny probíhající kurzy a u již přidáných kurzů se využití e-learningu omezuje víceméně na úložiště dokumentů pro samostudium.

Objevují se však i předměty, ve kterých hraje e-learning již daleko větší roli. Využívají se v něm především moduly pro odevzdávání úkolů a se vzrůstající četností se objevují i elektronické testy.

3. VÝUKOVÝ PROGRAM AI TOOL

Výukový program AI Tool vytvořil Ing. Jan Valenta a je chráněn copyrightem UAMT FEEC VUT BRNO 2009. Aktuální verze je zatím 1.0.0.0. Jedná se o výukový program realizovaný pro ústav automatizace a měřicí techniky na VUT v Brně, pro výuku základů umělé inteligence zejména v předmětech „Moderní prostředky průmyslové automatizace“ a „Umělá inteligence“.

Výukový program byl vytvořen v programovacím jazyku C#. Jedná se o modulární systém, tzn. jednotlivé moduly mohou být tvořeny nezávisle na sobě. Program v původní verzi obsahuje 16 modulů, které popisují problematiku expertních systémů, neuronových sítí a genetických algoritmů.



Obrázek 3-1 Interface AI Tool

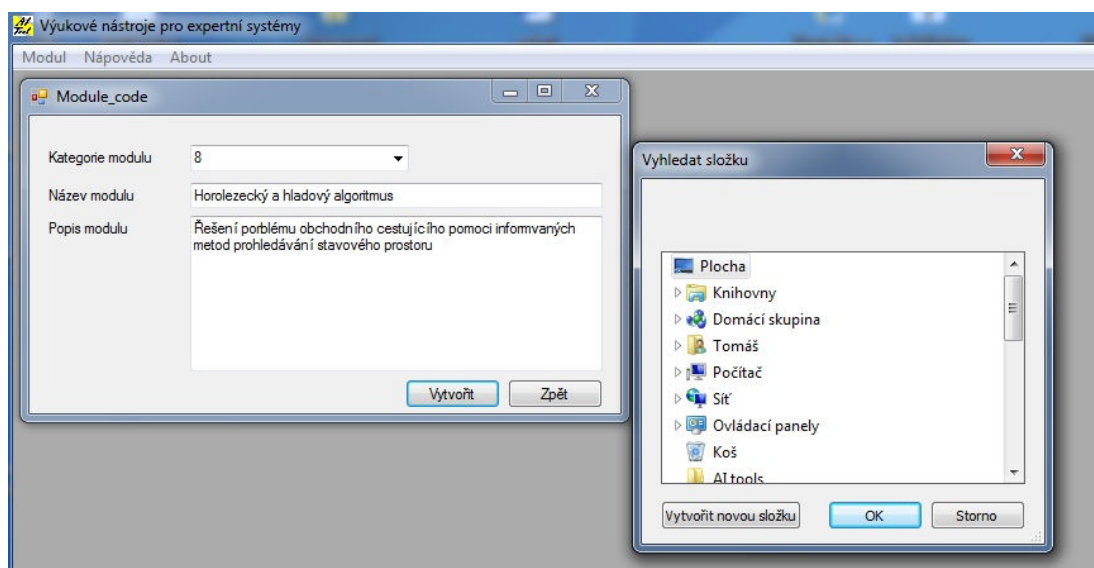
Z pohledu e-learningu se jedná o tzv. offline e-learningovou aplikaci. Jde o jednoúčelovou aplikaci, jež se nainstaluje přímo na klientský počítač. Přináší veškeré možnosti moderního e-learningu, ve kterém většinu činností studenta obstarává systém a role lektora je omezena pouze na vytváření a úpravy kurzů a na kontrolu práce studentů. Tento systém umožňuje lektorovi sledovat průběh kurzu u jednotlivých studentů a vyhodnocení jejich samostatných úkolů. Po nainstalování

aplikace AI Tool má student k dispozici vše co e-learningová aplikace nabízí. Toto řešení ovšem vyžaduje k tomu určený software, který je chráněn autorskými zákony a je k dispozici jen v určitých školních učebnách. Slouží tak jen k doplnění a procvičení učiva při hodinách cvičení odborného základu. Program AI Tool vznikl teprve v roce 2009 a je stále ve vývojové fázi, tudíž se dá očekávat, že hlavní nedostatky, zejména přístupnost programu, se časem odstraní a program bude sloužit jako plnohodnotný e-learningový systém.

3.1 NÁVOD NA VYTVOŘENÍ A VLOŽENÍ NOVÉHO VÝUKOVÉHO MODULU

Vytvoření nového výukového modulu

Program AI Tool nabízí možnost vygenerování nového prázdného výukového modulu, pomocí volby *Modul -> Vygenerovat kód pro C#*. Po zadání názvu, popisu a umístění nového modulu program AI Tool vygeneruje prázdný modul do kterého je možné psát vlastní aplikace v programovacím jazyce C#.

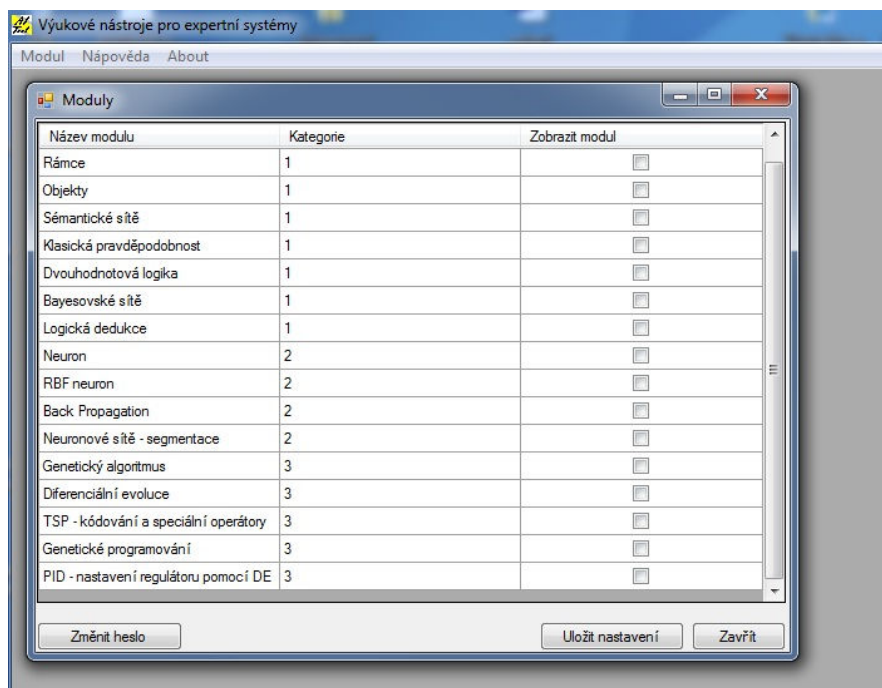


Obrázek 3-2 Vytvoření nového výukového modulu v programu AI Tool

Vložení nového modulu do AI Tool

Po dokončení vlastního modulu je potřeba tento modul zkomprimovat na dynamickou knihovnu *dll*. Pro správnou funkci výukového modulu je nutné takto vytvořenou knihovnu vložit do adresáře s nainstalovaným programem AI Tool do složky *Modules*. Defaultní umístění programu je: C:\Program Files\UAMT FEEC VUT BRNO\Modules\.

Poté v programu AI Tool pomocí *Modul -> Přidat* vložíme vlastní modul do výukové aplikace. Pomocí *Modul -> Správa* nastavíme zobrazení modulu viz. obrázek 3-3.



Obrázek 3-3 Správa modulů v programu AI Tool

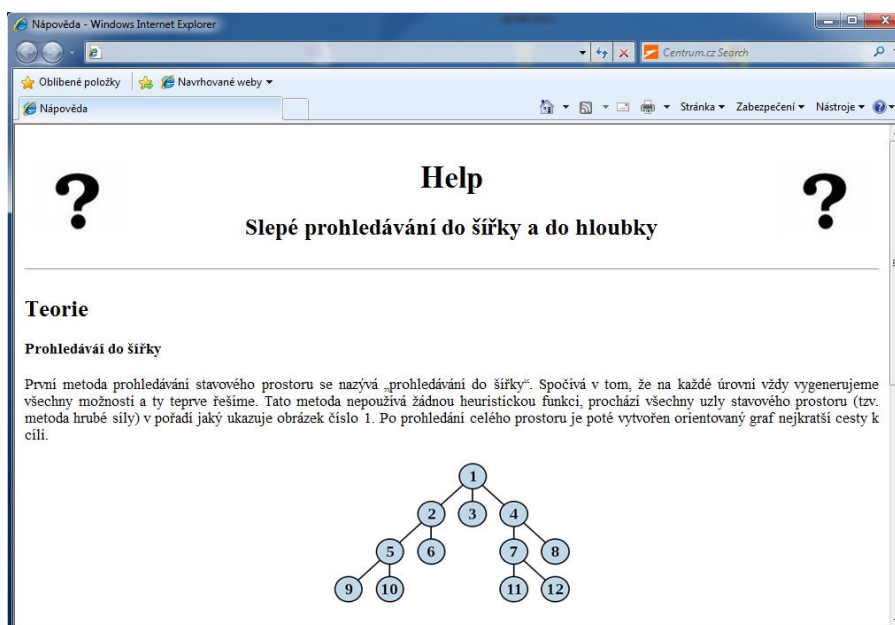
Vytvoření nápovědy pro jednotlivé moduly

Důležitou vlastností e-learningových systémů je intuitivní, přehledné a jednoduché ovládání. Ačkoliv byla vynaložena snaha tohoto požadavku dosáhnout již při programování modulů, ne pro každého uživatele bude ovládání intuitivní.

V důsledku toho byla vytvořena nápověda pro každý modul se základním popisem ovládání modulu a teoretického základu problematiky.

Tato nápověda byla vytvořena v jazyku html. Pro správnou funkčnost nápovědy je důležité, aby soubor html (i se složkou s grafickými a jinými pomocnými prvky) byl umístěn v téže složce programu AI Tool jako dynamická knihovna modulu.

Defaultní umístění je opět: C:\Program Files\UAMT FEEC VUT BRNO\Modules\



Obrázek 3-4 Ukázka nápovědy k vytvořeným výukovým modulům

4. ŘEŠENÍ ÚLOH

4.1 ŘEŠENÍ ÚLOH (PROBLEM SOLVING)

Definice [24]:

Úloha je situace, kdy máme dán počáteční a koncový model prostředí. Úkolem umělé inteligence je poté najít požadovanou posloupnost akcí, aby z počátečního prostředí bylo dosaženo cílového.

Počáteční model prostředí lze označit jako složku X , cílový model jako složku Y a množinu operátorů dovolených operací mezi těmito stavy jako složku R . Řešení úlohy je proces, kdy známe dvě složky z této trojice a je hledána zbývající třetí složka.

Podle toho jaká složka je neznámá, rozlišujeme tři typy úloh [25]:

- Deduktivní – $(X, R, ?)$ úloha, u které je zadán počáteční stav a operátor dovolených operací. Hledaná složka je složka cílového stavu.
Např. $X = 2, R = x^2, Y = 4$.
- Abduktivní – $(?, R, Y)$ úloha, u které je naopak znám cílový stav a operátor dovolených operací. Hledána je složka počátečních stavů.
Např. $Y = 4, R = x^2, X = -2, 2$.
- Induktivní – $(X, ?, Y)$ úloha, u které je znám počáteční i cílový stav a hledá se množina přípustných operací.
Např. $X = 2, Y = 4, R = \{+2, *2, \dots\}$ nekonečně mnoho řešení.

Metody řešení úloh [26] :

- Metody založené na prohledávání stavového prostoru (state space search methods). Sem patří tzv. slepé (neinformované) a heuristické (informované) metody.
- Metody založené na omezujících podmínkách (constraint satisfaction methods)

- Metody založené na rozkladu úlohy na podproblémy (problem reduction methods). Řešení úloh pomocí AND a OR grafů.
- Metody hraní her (game platiny methods). Řešení úloh pomocí hry s náhodou a alfa-beta metody.

Hodnocení kvality jednotlivých metod se provádí podle čtyř základních kritérií [26].

- *Časová složitost* – čas potřebný k vyřešení úlohy. Ale jelikož je čas závislý na výkonu stroje, častěji se používá počet vyřešených stavů.
- *Paměťová náročnost* – množství operační paměti, které je potřeba k vyřešení úlohy.
- *Kvalita výsledků (optimálnost)* – určuje kvalitu, tj. nalezení všech možných řešení apod.
- *Úplnost* – určuje jestli lze pomocí této metody nalézt řešení. Pokud tedy existuje.

5. VÝUKOVÉ MODULY PRO PROHLEDÁVÁNÍ STAVOVÉHO PROSTORU

5.1 STAVOVÝ PROSTOR

Každý model z umělé inteligence má jistý stav prostředí, množinu všech stavů, které mohou nastat. Tato množina stavů se nazývá stavový prostor. Stavový prostor je uspořádaná dvojice $S = (D, \Phi)$ [27]

kde

D odpovídá konečné množině stavů

Φ odpovídá konečné množině operátorů, které reprezentují přechody mezi jednotlivými stavy

Stavový prostor nejčastěji bývá zobrazen jako orientovaný graf, jehož uzly představují jednotlivé stavy úloh a jehož hrany představují přechody mezi těmito stavy. V umělé inteligenci (zejména v robotice) se pro vyjádření stavového prostoru využívá i tzv. mapové reprezentace.

Grafová reprezentace:

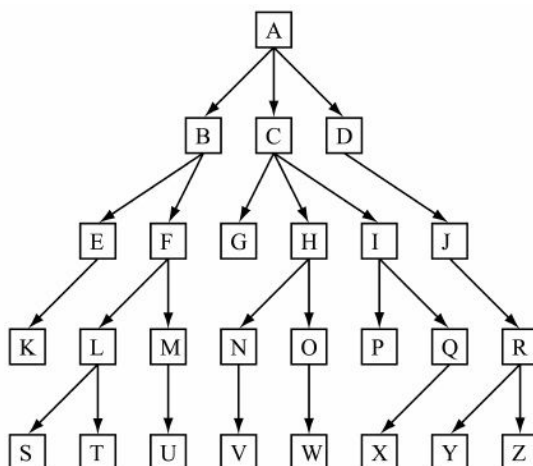
Stavový prostor je zde reprezentován orientovaným grafem. Orientovaný graf je definován podle [27] jako

$$G = (V, E)$$

kde

V je množina vrcholů (vrcholy grafu)

E je množina uspořádaných dvojic prvků množiny V (orientované hrany grafu)



Obrázek 5-1 Grafová reprezentace stavového prostoru

Každý vrchol grafu reprezentuje jednotlivý stav úlohy. Každá hrana přechod mezi těmito stavy způsobené danými operátory.

Řešení úlohy lze pak formulovat jako hledání přijatelné cesty v grafu, a to cesty mezi vrcholem počátečního stavu a vrcholem cílového stavu grafu stavového prostoru. Cílových stavů může být obecně více. Navíc cílový stav nemusí být popsán explicitně. Může být popsán pouze podmínkami, které musí splňovat.

5.2 NEINFORMOVANÉ (SLEPÉ) METODY PROHLEDÁVÁNÍ STAVOVÉHO PROSTORU

Neinformované metody jsou takové metody, které nemají žádné znalosti o stavovém prostoru, které by urychlily činnost prohledávání. Prohledávají celý stavový prostor postupně tzv. hrubou silou, dokud nenaleznou správné řešení.

Jsou použitelné pouze v nejjednodušších případech, protože bez využití znalosti prostředí je stavový prostor příliš velký.

Tyto metody prohledávání lze dále rozdělit na dvě podskupiny – podle pořadí dále expandovaného uzlu – na neinformované prohledávání do hloubky a neinformované prohledávání do šířky.

Existují i další algoritmy, ale jde většinou o modifikace těchto dvou základních metod.

Seznam neinformovaných metod:[29]

- Prohledávání do šířky - Breadth-first search (BFS)
- Prohledávání do hloubky - Depth-first search (DFS)
- Prohledávání do hloubky s omezením - Depth-limited search (DLS)
- Iterativní prohledávání do hloubky - Interactive deeping search (IDS)
- Obousměrné prohledávání - Bidirectional search (BS)
- Hledání naslepo - Blind search
- Metoda rozděl a panuj - Divide and conquer search

5.2.1 Výukový modul pro neinformované prohledávání do šířky a do hloubky

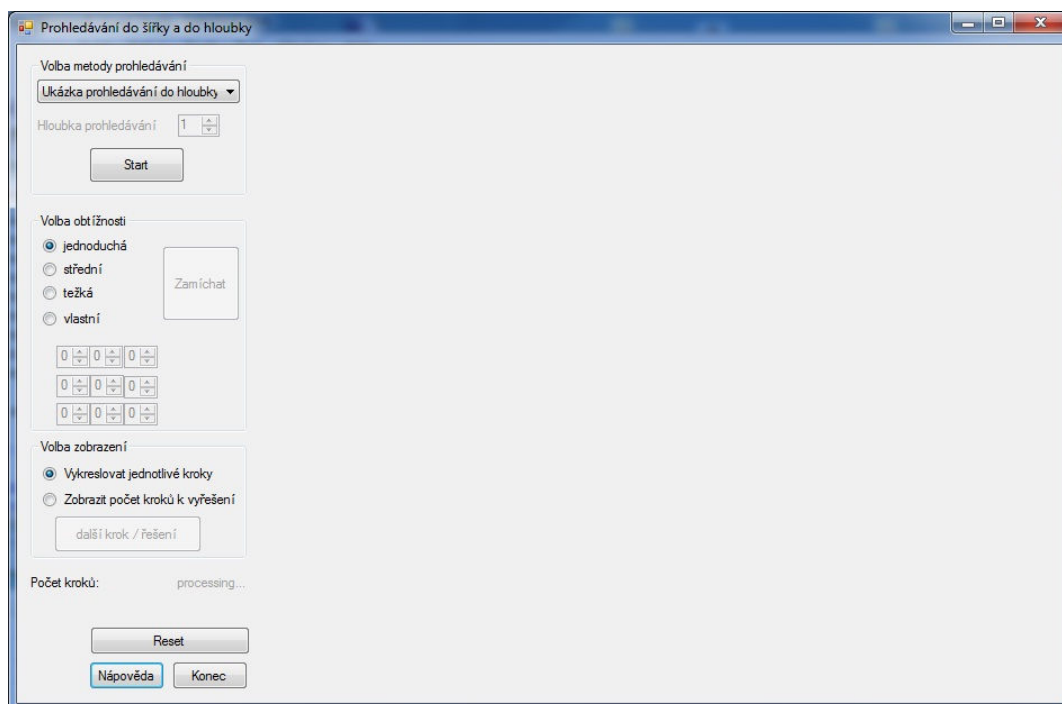
Výukový modul se zabývá prohledáváním do šířky a do hloubky. Tyto metody prohledávání řeší problém logické hry „lišák“ (někdy označováno jako „8“ nebo „devítka“).

Princip logické hry „lišák“:

Na čtvercové šachovnici o velikosti devíti polí, je umístěno osm kamenů s čísly od jedné do osmi. Jedno pole vždy zůstává volné. Cílem této úlohy je postupným posouváním kamenů na volné místo (pomocí operátorů $\uparrow, \downarrow, \leftarrow, \rightarrow$) poskládat kameny do cílové polohy, viz. obrázek 5-2.

1	2	3
8		4
7	6	5

Obrázek 5-2 Cílový stav hlavolamu „lišák“



Obrázek 5-3 Výukový modul pro prohledávání do šířky a do hloubky

Uživatel má na výběr z různých nabízených možností. Může si zvolit buď ukázkou algoritmu nebo prakticky vyzkoušet funkci algoritmu na logické hře „lišák“.

Ukázka algoritmů zobrazuje postup prohledávání stavového prostoru na přehledných obrázcích.

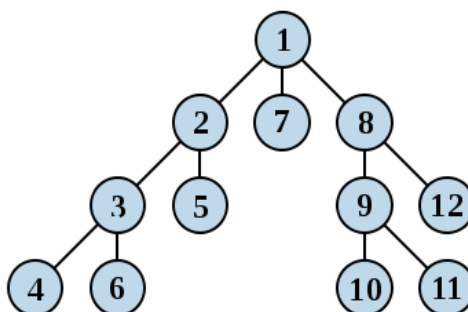
Při zvolení praktické části, musí uživatel zadat počáteční nastavení hracího pole, buď přímo zadat čísla na jednotlivá pole nebo použít již předem zvolené možnosti rozmístění čísel po hrací desce, rozdělené podle obtížnosti tj. na kolik tahů se hra dořeší. Poté si uživatel vybere jestli chce jednotlivé expanze stavů zobrazovat nebo jestli je požadováno jen zobrazení výsledného počtu kroků nutných k vyřešení hry.

Je na výběr také tzv. „volná hra“, tato možnost umožňuje uživateli hrát hru osobně a poté porovnat vlastní výsledky vyřešení hry s výsledky jednotlivých algoritmů.

5.2.2 Prohledávání do hloubky

První metoda neinformovaného prohledávání je metoda prohledávání do hloubky. Při tomto algoritmu je expandován uzel s největší hloubkou, jak naznačuje obrázek 5-4.

Tato metoda se musí doplnit omezující podmínkou – maximální hloubkou, aby se zabránilo prohledávání neperspektivních větví. Určení této podmínky je na znalostním inženýrovi a může nalezení cílového stavu uspíšit nebo také oddálit. U výukového modulu je tato podmínka ponechána na úvaze uživatele, z důvodu názornější pochopení problematiky.



Obrázek 5-4 Pořadí uzlů prohledávaných do hloubky

Algoritmus:

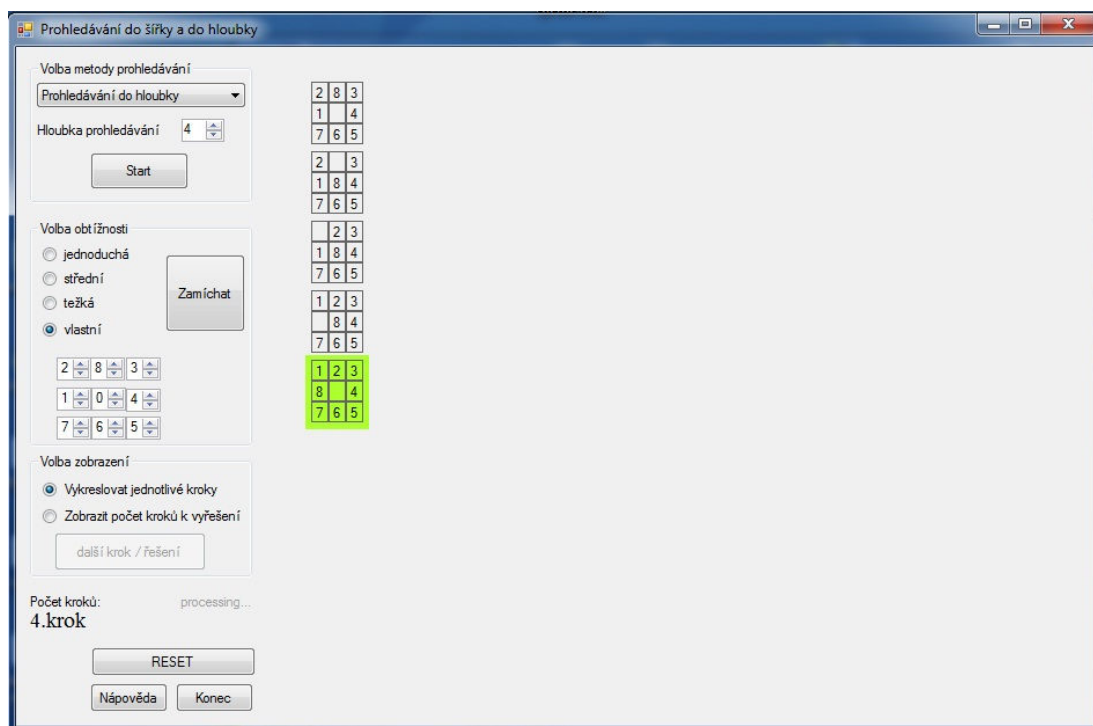
Algoritmus prohledávání je založen na základních bodech algoritmu uvedeném v [30] s vhodnými úpravami pro naprogramování v jazku C#. Nejprve jsou nadefinovány dva zásobníky *result_candidate* a *results*. *Result_candidate* je zásobník zatím neexpandovaných stavů. *Results* je zásobník stavů již expandovaných.

1. Počáteční stav je zapsán do zásobníku *result_candidate*, zásobník *results* je prázdný.
2. Je-li zásobník *results_candidate* prázdný, řešení neexistuje.
3. Je zavolána funkce *getZeroPosition*, ta zjistí polohu nuly tzn. prázdného pole. A pomocí funkce *getMoves* se určí další přípustné tahy. Tyto možné tahy přidej do *result_candidate*.

4. Vymazání prvního stavu i v zásobníku *result_candidate* a jeho zapsání do zásobníku *results*.
5. Pokud je hloubka expandovaného stavu i rovna maximální přípustné hloubce pokračuj krokem č.2.
6. Jsou zapsány všechny potomky stavu i , kteří nejsou v zásobníku *results*, na konec zásobníku *result_candidate*.
7. Pokud některý z potomků i je cílovým stavem, řešení bylo nalezeno, ukonči prohledávání. Jinak pokračuj krokem č. 2.

Příklad:

Nalezení řešení hlavolamu „lišák“:



Obrázek 5-5 Příklad prohledávání do hloubky.



Obrázek 5-6 Obsah zásobníku *result_candidate* při prohledávání do hloubky.

2	8	3
1		4
7	6	5

2		3
1	8	4
7	6	5

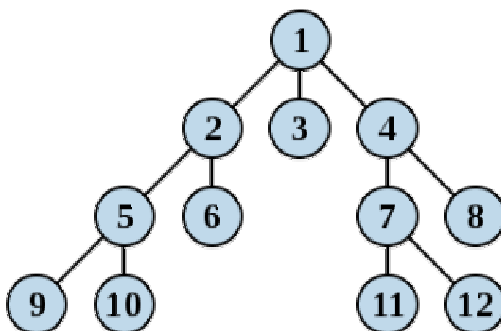
	2	3
1	8	4
7	6	5

1	2	3
	8	4
7	6	5

Obrázek 5-7 Obsah zásobníku *results* při prohlédávání do hloubky.

5.2.3 Prohledávání do šířky

Metoda neinformovaného prohlédávání do šířky spočívá v tom, že na každé úrovni jsou vždy vygenerovány všechny možnosti expanze a ty jsou teprve následně řešeny. Tato metoda prochází všechny uzly stavového prostoru v pořadí, jakém ukazuje obrázek 5-8. Po prohlédání celého prostoru je poté vytvořen orientovaný graf nejkratší cesty k cíli.



Obrázek 5-8 Pořadí uzlů prohlédávaných do šířky [29]

Výstupem algoritmu je strom obsahující všechny uzly z výchozího do koncového uzlu, tzv. BF-strom. BF-strom je zároveň stromem nejkratších cest ze zvoleného uzlu do všech ostatních uzlů grafu.

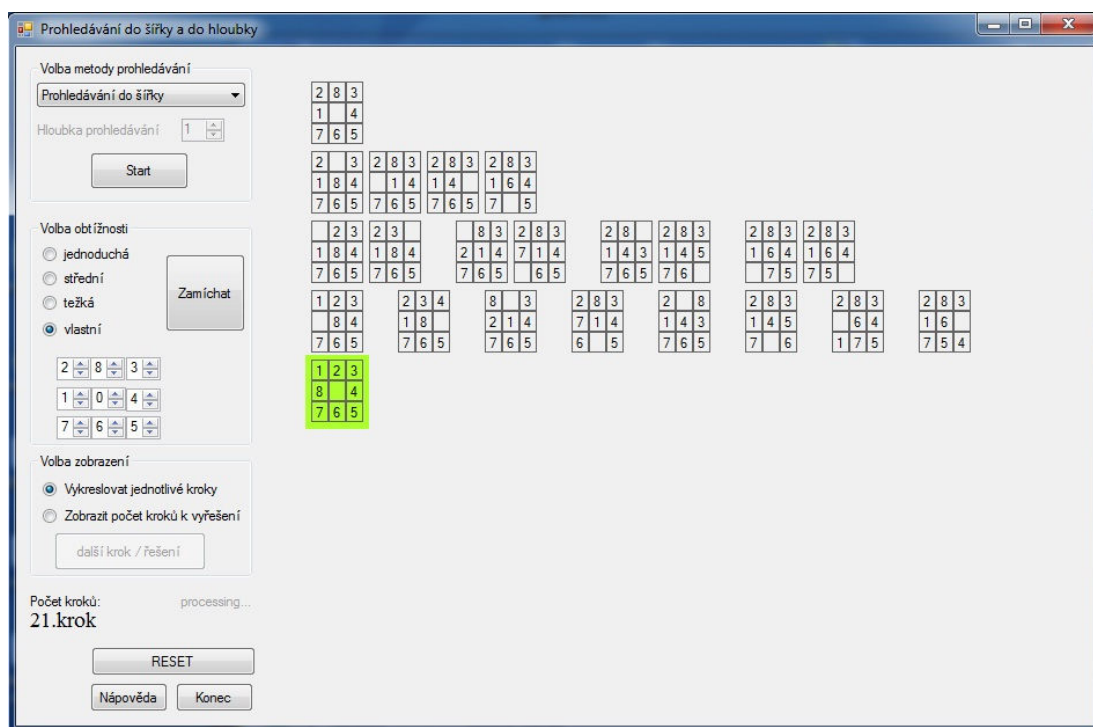
Algoritmus:

Základní body algoritmu jsou stejně jako v předchozím případě inspirovány podle algoritmu uvedeném v [30]. Opět jsou nadefinovány dva zásobníky *results* a *result_candidate*. *Result_candidate* je zásobník zatím neexpandovaných stavů. *Results* je zásobník již expandovaných stavů.

1. Počáteční stav je zapsán do zásobníku *result_candidate*, zásobník *results* je prázdný.

2. Je-li zásobník *results_candidate* prázdný, řešení neexistuje.
3. Je zavolána funkce *getZeroPosition*, ta zjistí polohu prázdného místa. A pomocí funkce *getMoves* se určí další přípustné tahy. Tyto možné tahy přidej do *result_candidate*.
4. Vymazání prvního stavu *i* v zásobníku *result_candidate* a jeho zapsání do zásobníku *results*.
5. Expanze stavu *i*. Pokud nemá tento stav potomky nebo všichni potomci byli již expandováni pokračuj krokem č. 4.
6. Jsou zapsány všechny potomky stavu *i*, kteří nejsou v zásobníku *results*, na konec zásobníku *result_candidate*.
7. Pokud některý z potomků *i* je cílovým stavem, řešení bylo nalezeno, ukonči prohledávání. Jinak pokračuj krokem č. 4.

Příklad:



Obrázek 5-9 Příklad prohledávání do šířky.

2 3 4	8 3	2 8 3	2 8	2 8 3	2 8 3	2 8 3	2 8 3	1 2 3
1 8	2 1 4	7 1 4	1 4 3	1 4 5	6 4	1 6	7 5 4	8 4
7 6 5	7 6 5	6 5	7 6 5	7 6	1 7 5	7 5 4	7 6 5	7 6 5

Obrázek 5-10 Obsah zásobníku result_candidate při prohledávání do šířky.

2 8 3	2 8 3	2 8 3	2 8 3	2 8 3	2 3	2 3
1 4	1 8 4	1 4	1 4	1 6 4	1 8 4	1 8 4
7 6 5	7 6 5	7 6 5	7 6 5	7 5	7 6 5	7 6 5
8 3	2 8 3	2 8	2 8 3	2 8 3	2 8 3	1 2 3
2 1 4	7 1 4	1 4 3	1 4 5	1 6 4	1 6 4	8 4
7 6 5	6 5	7 6 5	7 6	7 5	7 5	7 6 5

Obrázek 5-11 Obsah zásobníku results při prohledávání do šířky.

Pořadí expanze uzlů

Pořadí v jakém bude následující expanze uzlu určuje pozice prázdného pole. Podle této pozice nuly se určuje další expanze. Prioritu určuje číselná hodnota pole, tzn. menší hodnota pole má větší prioritu a dříve se vykoná, tedy nejprve se provede tah směrem \uparrow , poté \leftarrow , \rightarrow a nakonec \downarrow . Pokud je prázdné pole např. na pozici číslo 3, provede se nejprve tah na pole číslo 0, poté na pole číslo 4 a nakonec tah na pole číslo 6.

0	1	2
3	4	5
6	7	8

Obrázek 5-12 Hrací deska pro hru „lišák“

Porovnání těchto dvou neinformovaných metod

Porovnání metod je ukázáno na dvou případech počátečního rozložení. První případ řeší jednoduší počáteční rozložení viz. obrázek 5-13. U tohoto případu nepřesáhne výpočetní čas 7 vteřin. Výsledné hodnoty jsou zobrazeny v tabulce 1,

4		2
1	6	3
8	7	5

Obrázek 5-13 Počáteční rozložení hry „lišák“

Metoda prohledávání	Hloubka prohledávání	Úspěšné vyřešení	Počet kroků
do šířky	-	ANO	330
do hloubky	10	NE	77
do hloubky	20	NE	218
do hloubky	25	NE	279
do hloubky	26	ANO	228
do hloubky	30	ANO	312
do hloubky	40	ANO	535
do hloubky	50	ANO	824
do hloubky	100	ANO	2712

Tabulka 1 Výsledné hodnoty neinformovaného prohledávání při daném počátečním rozložení

Druhý případ počátečního rozložení je již generován s větší složitostí. Výsledné hodnoty jsou zobrazeny v tabulce 2, z důvodu větší časové náročnosti jsou uvedeny i výpočetní časy metod.

Pozn. Výpočetní čas byl změřen na osobním počítači s následujícími parametry:

- Procesor: dvoujádrový procesor AMD Turion 64 X2 Mobile
- Operační paměť: 2,00 GB RAM
- Operační systém: Windows 7

7		1
5	8	4
2	3	6

Obrázek 5-14 Obtížnější počáteční rozložení hry „lišák“

Metody byly porovnávány při řešení počátečního rozložení zobrazeného na obrázku 5-14.

Metoda Prohledávání	Hloubka prohledávání	Úspěšné vyřešení	Počet kroků	Výpočetní čas [s]
do šířky	-	ANO	36957	160
do hloubky	900	NE	31307	395
do hloubky	950	ANO	28547	454
do hloubky	999	ANO	10151	63

Tabulka 2 Výsledné hodnoty neinformovaného prohledávání při náhodném počátečním rozložení

Časová složitost:

Časová složitost neinformovaného prohledávání se vypočte ze vztahu:

$$\tau = 1 + b + b^2 + b^3 + \dots + b^d$$

kde

b je efektivní faktor větvení (počet možných tahů v každém uzlu),

d je hloubka nalezeného cíle.

Toto hodnotící kritérium hraje u slepého prohledávání tzv. hrubou silou důležitou roli. Logická hra „lišák“ má stavový prostor rovný 9!, což je 362880 stavů, neboli uzlů orientovaného grafu.

Pro prohledávání do šířky dosahovala časová složitost, při velikosti stavového prostoru do 1 000 uzlů menší hodnoty jak 5 vteřin. Při velikosti kolem 10 000 uzlů dosahoval výpočetní čas kolem 100 vteřin a při velikosti kolem 50 000 uzlů byl výpočetní čas již 350 vteřin. Při stavovém prostoru asi 100 000 uzlů již výpočetní čas dosahuje 1320 vteřin.

Tato dlouhá výpočetní doba, vznikla tím, že pro přehledné a srozumitelné vykreslování orientovaného grafu, je použita vlastně vytvořená komponenta *UserControl* (*WindowsFormsControlLibrary2.dll*) pro správu zobrazování

jednotlivých stavů úlohy. Tato komponenta se s každou expanzí vytváří znovu a je naplněna novým stavem, což značně prodlužuje výpočetní čas. Další zdržení přináší použití vlastní porovnávací funkce *ArrayCompare()*, která musí porovnávat jednotlivé položky této komponenty.

Výhody a nevýhody těchto dvou metod:

Výhody prohledávání do hloubky:

- Nejvýraznější klad této metody je nižší paměťová náročnost, protože se uchovávají v paměti pouze uzly na cestě od počátečního stavu ke stavu právě expandovanému.

Nevýhody prohledávání do hloubky:

- Algoritmus nemusí nalézt řešení nebo nemusí být nalezena nejkratší cesta k řešení.
- Je obtížné správné nastavení hloubky prohledávání, k dosažení nejlepšího výsledku.

Výhody prohledávání do šířky:

- Řešení je vždy nalezeno. A je nalezena i nejkratší cesta k řešení.

Nevýhody prohledávání do šířky:

- Vyšší paměťová náročnost, jelikož se v paměti uchovávají všechny uzly od počátečního stavu k aktuálnímu.

5.3 INFORMOVANÉ (HEURISTICKÉ) METODY PROHLEDÁVÁNÍ STAVOVÉHO PROSTORU

Oproti neinformovaným metodám informované metody mají znalosti o stavovém prostoru. Tyto metody prohledávání stavového prostoru používají pro výběr nejvhodnějšího vrcholu k expanzi různé heuristické informace, které napomáhají rychlejšímu nalezení řešení.

Heuristická funkce je ve tvaru:

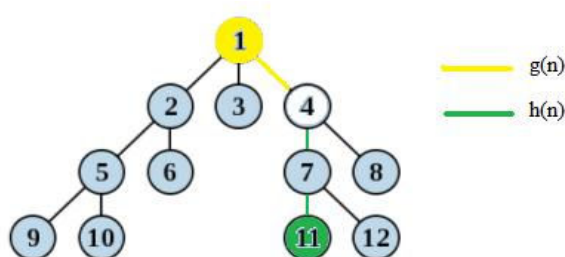
$$f(n) = g(n) + h(n)$$

kde

$g(n)$ je cena cesty z počátečního stavu do uzlu n ,

$h(n)$ je odhadovaná cena cesty z uzlu n do cílového uzlu.

Funkce $h(n)$ je heuristická funkce. Čím je přesnější, tím menší se prohledává stavový prostor.



Obrázek 5-15 Příklad ohodnocení cesty

Informované metody lze rozdělit do dvou základních skupin: [29]

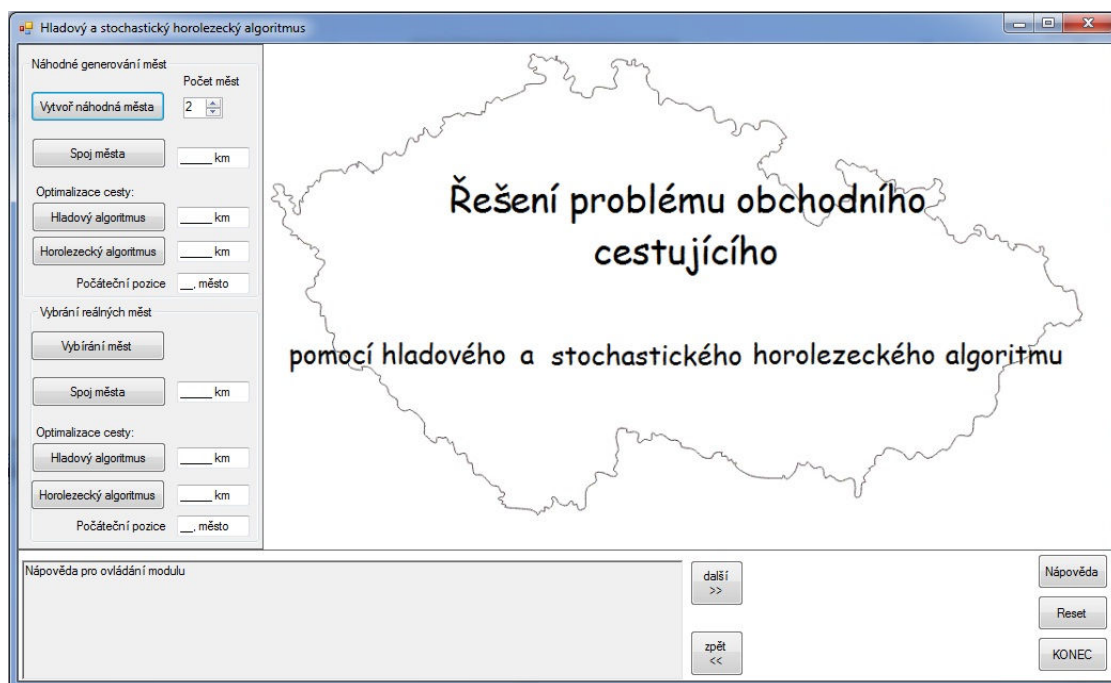
- Best-first search (prohledávání do šířky upřednostňující „slibné“ stavy)
 - Hladový algoritmus – Greedy search
 - Prohledávání s uniformní cenou – Uniform-cost search
 - Algoritmus A* – A* search
- Local search (lokální metody prohledávání)
 - Horolezecký algoritmus – Hill-climbing
 - Simulované žíhání – Simulated annealing

5.3.1 Výukový modul pro informované metody prohledávání stavového prostoru

Modul se zabývá hladovým a horolezeckým algoritmem. Činnost těchto dvou algoritmů je ukázána na optimalizační úloze – problém obchodního cestujícího.

Uživatel si může vybrat ze dvou základních ovládaní programu. Modul může buď samostatně generovat určitý počet náhodně rozmístěných měst pomocí vytvořené třídy *Coordinate.cs*, nebo uživatel může zadávat vlastní skutečná města. Po vytvoření daného počtu měst modul zobrazí cestu mezi městy a spočte uraženou vzdálenost. Poté má uživatel možnost přepínat mezi jednotlivými algoritmy a porovnávat jejich výsledné optimální cesty.

V jazyku C# se při vykreslování grafických prvků (měst) na *Panel* města stále překreslují, tím vzniká blikání těchto prvků. Tento problém byl odstraněn pomocí vytvořené třídy (component class) *DoubleBufferedPanel.cs*- obsahující double-buffer vlastnost, která grafické objekty vykreslí najednou z paměti a tak odstraňuje blikání grafických prvků.

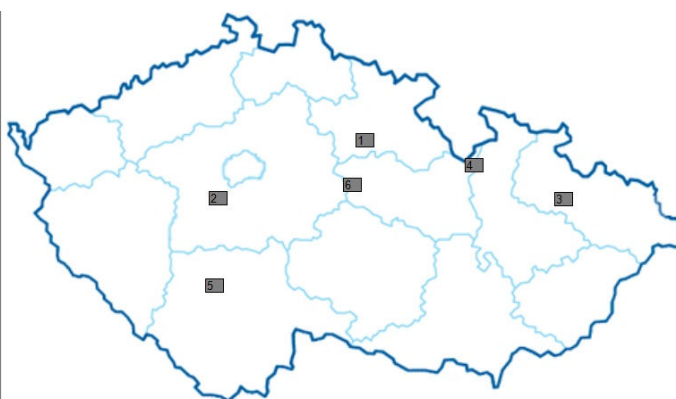


Obrázek 5-16 Výukový modul pro hladový a horolezecký algoritmus

Definice problému obchodního cestujícího:

Problém obchodního cestujícího spočívá v nalezení nejkratší obchodní cesty mezi několika městy a navrácení zpět do výchozího města.

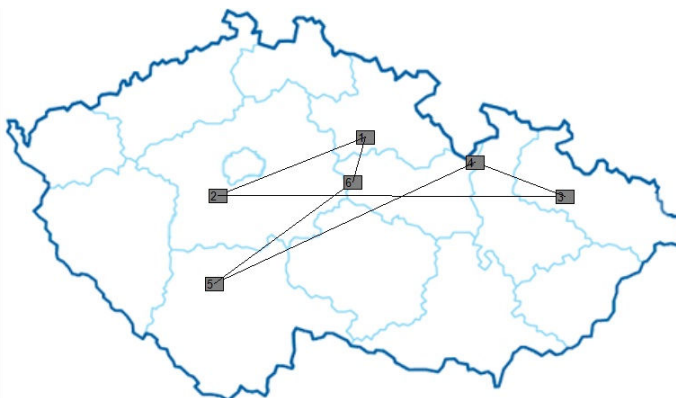
Obchodní cestující si na počátku své cesty určí n měst, které chce navštívit, viz. obrázek 5-17.



Obrázek 5-17 Náhodné vygenerování měst

Úkolem optimalizačního algoritmu je pak nalezení nejkratší cesty mezi všemi městy a vrácení zpět do města výchozího. Přičemž je požadováno, aby žádné město nebylo navštíveno dvakrát a obchodní cesta byla co nejmenší.

Bez použití optimalizačních algoritmů cesta obchodního cestujícího bude vypadat, jak je znázorněno na obrázku 5-18. Obchodník navštíví jednotlivá města v pořadí, v jakém byly vygenerovány. Tato cesta je označena jako počáteční řešení.



Obrázek 5-18 Cesta bez použití optimalizačních algoritmů

5.3.2 Hladový algoritmus

U hladového algoritmu se ohodnocují uzly pouze heuristickou funkcí $h(n)$, tj. odhadovaná cena z daného uzlu do uzlu koncového. Ke generování dalšího uzlu z aktuálního se použije uzel s nejnižší heuristickou funkcí.

Algoritmus:

Je dán seznam $city_list$, s ohodnocením hran km .

1. Nejprve jsou seřazeny hrany grafu $city_list$ podle jejich ohodnocení (od nejkratší vzdálenosti po nejdelší) tj. $km(e_1) < km(e_2) < \dots < km(e_N)$.
2. Začíná se s prázdnou množinou hran $city_list_work$ pro kostru.
3. Pro $i = 1, 2$ až n , je vzata hrana e_i a je přidána do $city_list_optimized$.
4. Po skončení procesu obsahuje množina $city_list_optimized$ minimální kostru grafu $city_list$.

Náhodné generování měst

Počet měst: 6

Vytvoř náhodná města

Spoj města: 411 km

Optimalizace cesty:

Hladový algoritmus: 338 km

Horolezecký algoritmus: km

Počáteční pozice: město

Vybrání reálných měst

Vybírání měst

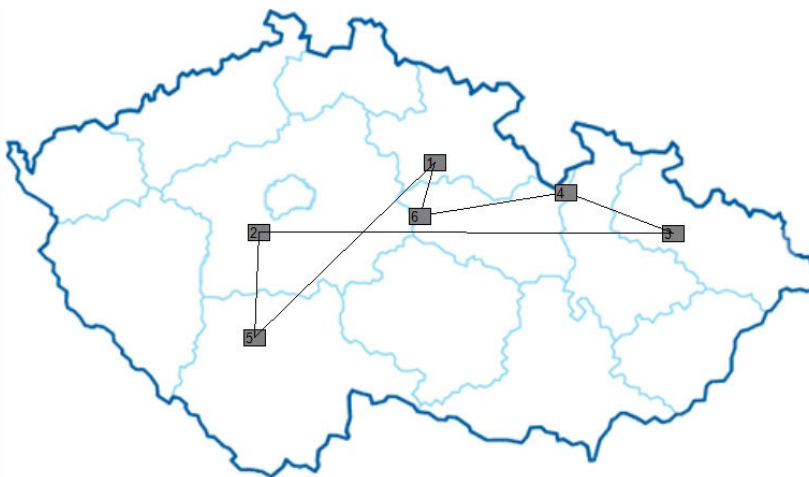
Spoj města: km

Optimalizace cesty:

Hladový algoritmus: km

Horolezecký algoritmus: km

Počáteční pozice: město



Obrázek 5-19 Optimální cesta podle hladového algoritmu

Z obrázku 5-19 je vidět, že použití hladového algoritmu sníží vzdálenost, kterou musí obchodník urazit, oproti počátečnímu řešení. Tedy oproti řešení bez použití optimalizačního algoritmu.

5.3.3 Horolezecký algoritmus

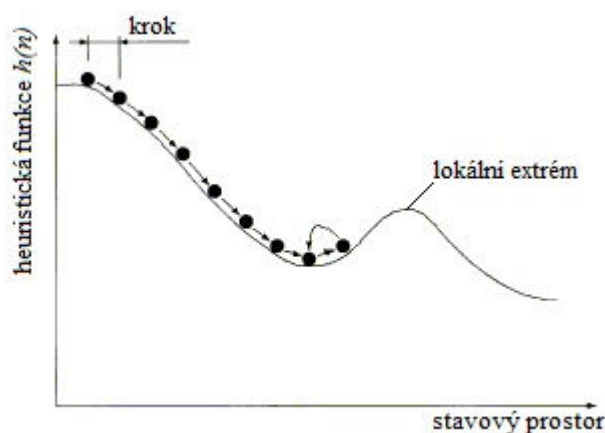
Horolezecký algoritmus je takzvaný gradientní algoritmus. Podobně jako hladový algoritmus používá i tento algoritmus k ohodnocení uzlu jen heuristickou funkci $h(n)$.

Ze samotného názvu algoritmu je patrné, jak tento algoritmus pracuje. Chceme-li dosáhnout vrcholu nějakého kopce, bude nejlepší a nejrychlejší postup po spádové křivce (spádnici). Tedy cestou nejvyššího gradientu, tj. čím lepší řešení ohodnocovaný uzel představuje, tím vyšší je mu přiřazena hodnota. Algoritmus vybírá k další expanzi uzel s nejvyšším ohodnocením.

Nejjednodušší verzi horolezeckého algoritmu je verze vycházející z prohledávání do hloubky. Gradientní metoda vždy expanduje ten uzel, který byl vyhodnocen pomocí hodnotící funkce $f(n)$ jako nejlepší a vyhodnocuje jeho následovníky.

Při expanzi se následovníci seřadí podle hodnotící funkce $f(n)$ a v zásobníku bude nejperspektivnější z nich na prvním místě. Předchůdci i následovníci daného uzlu jsou okamžitě zapomínáni, jelikož algoritmus uchovává jen aktuální uzel. [30]

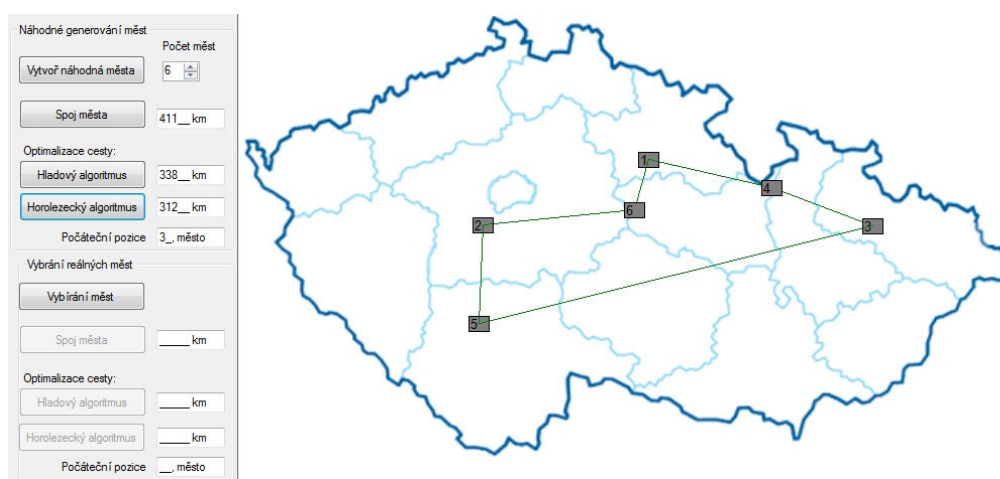
Vyhledávání je zastaveno, jakmile je dosaženo cílového stavu, nebo jakmile je dosaženo takového stavu, kdy další expandovaný uzel má vyšší ohodnocení funkce $h(n)$ než jeho předchůdce. V tomto případě se algoritmus dostane do lokálního extrému, viz. obrázek 5-20, což nemusí být řešení dané úlohy.



Obrázek 5-20 Lokální extrém horolezeckého algoritmu

V řešení problému hledání cesty mezi městy vzdušnou čarou je však hodnotící funkce $h(n)$, která „ohodnocuje kvalitu“ následně expandovaného uzlu pomocí gradientu, závislá pouze na vzdálenosti mezi městy. Čím menší je vzdálenost následně expandovaného uzlu, tím je uzel lépe ohodnocen. Tudíž je vybrán pro další expanzi.

Požadavek plynoucí ze zadání úlohy, aby žádné město nebylo obchodníkem navštíveno dvakrát, odstraňuje problém zacyklení algoritmu. Algoritmus se nemůže vrátit do předchozího města, jelikož bylo ze stavového prostoru odstraněno. Při splnění požadavků zadání dané úlohy, bude horolezecký algoritmus postupovat v další expanzi uzlů stejně jak hladový. Pro odlišení od hladového algoritmu je použit stochastický horolezecký algoritmus, který náhodně volí výchozí město.



Obrázek 5-21 Optimální cesta podle stochastického horolezeckého algoritmu

Porovnání výsledků

Již z obrázků uvedených výše je patrné, že jako nejlepší řešení daného problému je pomocí horolezeckého algoritmu s počáteční pozicí ve třetím městě. V tabulce 1 jsou uvedeny výsledné vzdálenosti a rozdíly mezi jednotlivými řešeními.

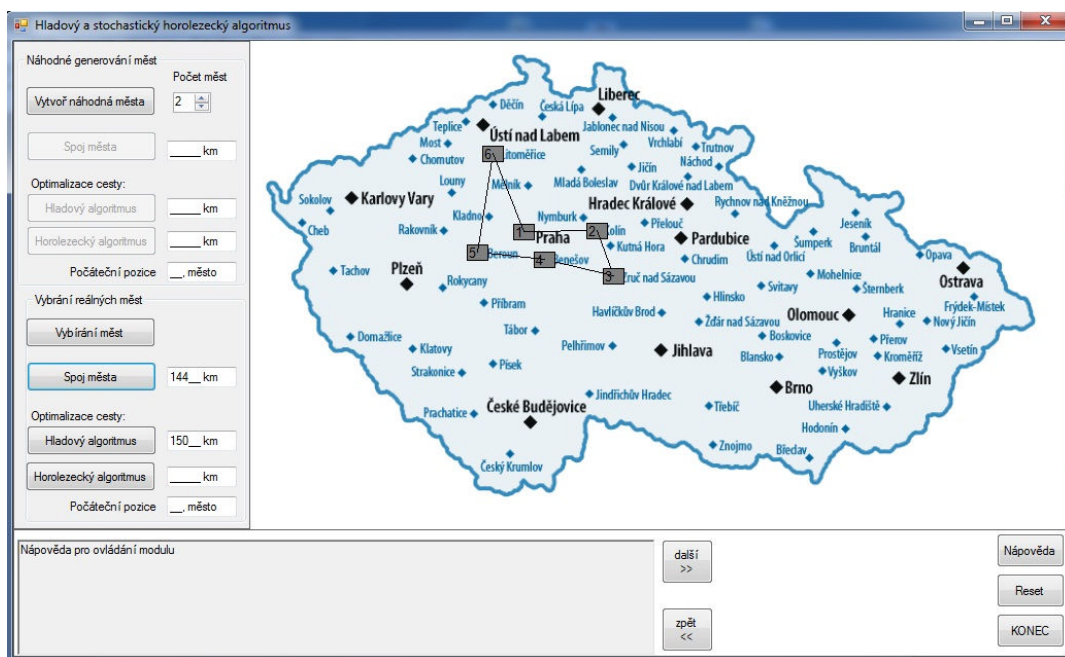
Použitý algoritmus	Navštíveno měst	Celková vzdálenost [km]	Rozdíl vzdálenosti oproti počátečnímu řešení [km]	Rozdíl vzdálenosti oproti hladovému algoritmu [km]
Bez algoritmu (počáteční řešení)	6	411	---	---
Hladový	6	338	73	---
Horolezecký	6	312	99	26

Tabulka 3 Porovnání výsledků optimalizačních algoritmů

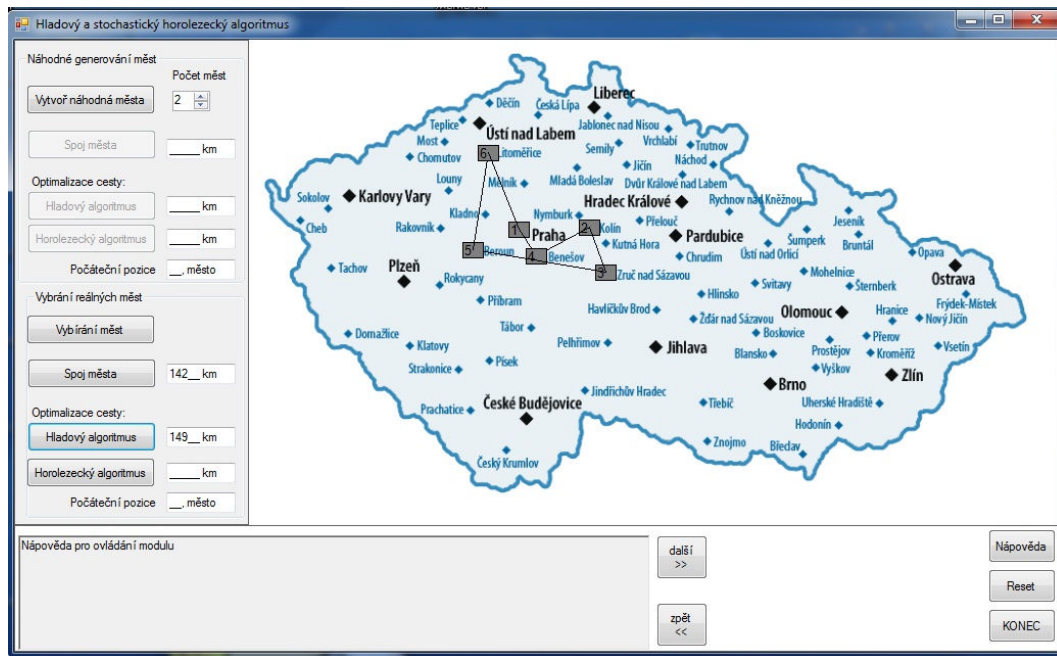
Tyto výsledné hodnoty, jsou pouze pro takto zadaný počáteční příklad. Pro jiné počáteční rozložení měst nemusí algoritmy dosahovat takto dobrých výsledků.

Hladový ani horolezecký algoritmus nenalezne pokaždé optimální řešení úlohy. Proto se v praktickém využití používá modifikace algoritmů na tzv. stochastický algoritmus. Takto upravený algoritmus již nezačíná svou expanzi stavů od zadaného výchozího města ale náhodně vybírá jedno z celkového počtu měst a toto vybrané město se pak stává výchozím, toto se provede pro všechna města ve stavovém prostoru a nejlepší řešení se poté vybere jako výsledné řešení úlohy.

Výukový modul nabízí také možnost vybírání reálných měst jak je ukázáno na obrázku 5-22. Na tomto obrázku je také zobrazena úloha, kdy počáteční řešení je lepší než jaké poskytne hladový algoritmus zobrazený na obrázku 5-23.



Obrázek 5-22 Ukázka vybírání reálných měst



Obrázek 5-23 Ukázka neoptimální expanze hladového algoritmu

6. VÝUKOVÝ MODUL PRO DOPŘEDNÉ A ZPĚTNÉ ŘETĚZENÍ

Dopředné a zpětné řetězení (forward and backward chaining) jsou dvě inferenční strategie, které expertní systém⁶ používá při procesu usuzování.

Obrázek 6-1 Výukový modul pro dopředné a zpětné řetězení

Na obrázku 6-1 je vidět interface výukového modulu. Uživatel si nejprve vybere strategii usuzování (dopředné nebo zpětné řetězení). Při vybrání dopředného řetězení modul položí uživateli několik otázek, které se dále vyhodnotí. Při vybrání

⁶ Expertní systém je počítačový systém, který simuluje rozhodovací činnost lidského experta při řešení problémů.

zpětného řetězení nemusí uživatel na otázky odpovídat, nezjišťuje se platnost pravidel, jen jsou zobrazeny různé možnosti těchto předpokladových pravidel.

6.1.1 Dopředné řetězení



Obrázek 6-2: Příklad dopředného řetězení

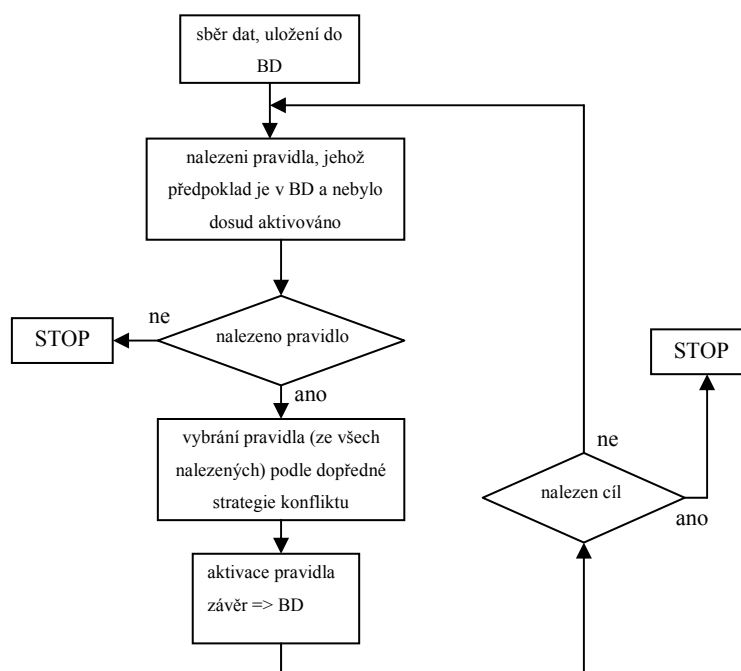
Základní myšlenka dopředného řetězení spočívá v tom, že inferenční mechanismus porovnává pravidla např. z báze znalostí se známými fakty z báze dat. Poté se z množiny pravidel se splněnými předpoklady vybírá pravidlo podle priority. V případě více pravidel se stejnou prioritou se vybere pravidlo podle předem dané strategie řešení konfliktu [31]:

- depth strategy – strategie hledání do hloubky (preferovány aktuálnější pravidla)
- breath strategy – strategie hledání do šířky (preferovány pravidla staršího data)
- complexity strategy – strategie složitosti (preferovány jsou „složitější pravidla“ tj. mají více podmínek)
- simplicity strategy – strategie jednoduchosti (preferována jsou jednodušší pravidla)

A nakonec následuje provedení. Provede se pravidlo vybrané z předchozího kroku, jako např. přidání pravidla do báze znalostí apod. Tento proces se opakuje do té doby, než systém neodvodí cílový prvek, nebo než se dostane do situace, ve které už není možné vykonat akční část žádného pravidla. [31]

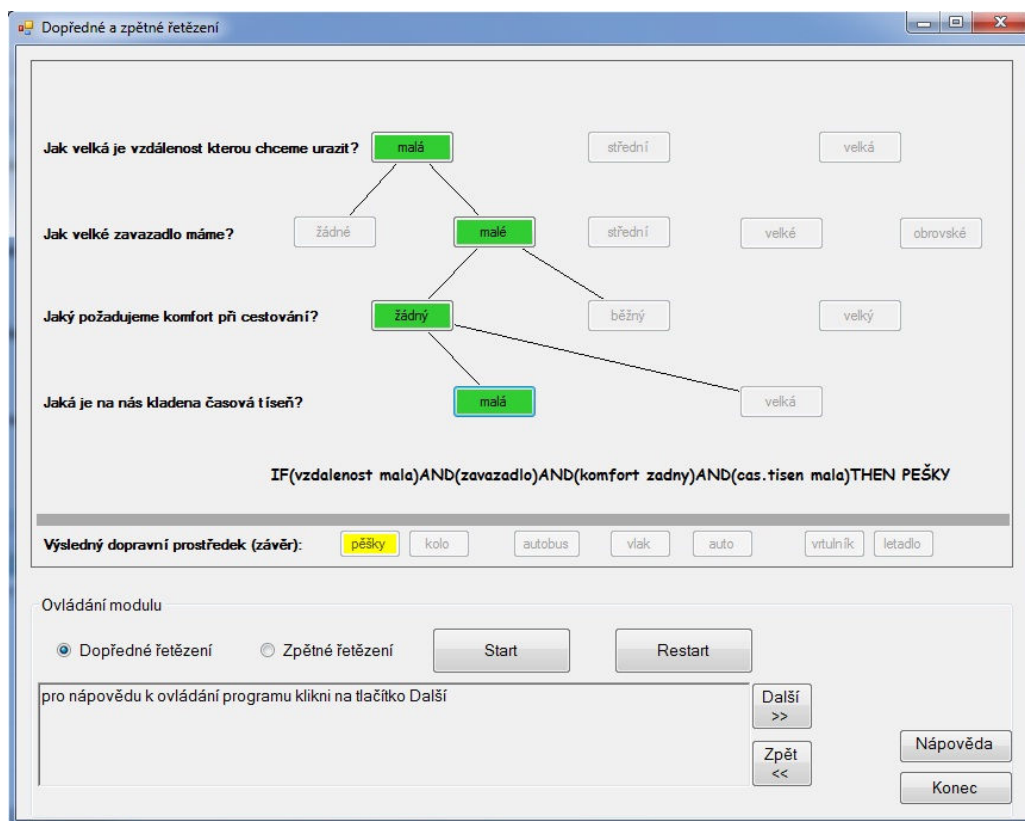
Algoritmus dopředného řetězení [32]:

1. Informace od uživatele nebo nějakého procesu se zapíše do báze dat.
2. Prohledáním báze znalostí se najde pravidlo, jehož předpoklad vyhovuje faktům v bázi dat.
3. Pravidlo se aktivuje, tj. jeho závěr se přidá do báze dat.
4. Pravidlo se při prohledávání báze znalostí nenajde, tzn. proces končí.



Obrázek 6-3 Algoritmus dopředného řetězení

U výukového modulu je použit jednodušší algoritmus než pro klasické dopředné řetězení, z důvodu snadnějšího vysvětlení dané problematiky. Modul řeší problematiku vhodného výběru daného dopravního prostředku. Uživatel odpoví, pomocí tlačítek, na čtyři jednoduché otázky. Po zodpovězení otázky se pravidlo ihned aktivuje a omezí možnost odpovědi na další otázku. Jestliže jsou všechny otázky zodpovězené, odvodí se závěr s doporučujícím dopravním prostředkem, viz. obrázek 6-4.



Obrázek 6-4 Ukázka dopředného řetězení výukového modulu

Výhody dopředného řetězení:

- Z malého množství vstupních informací dokáže odvodit velké množství nových faktů.
- Je výhodné použít při sběru informace s následným vyhodnocováním (úlohy na plánování).

Nevýhody dopředného řetězení:

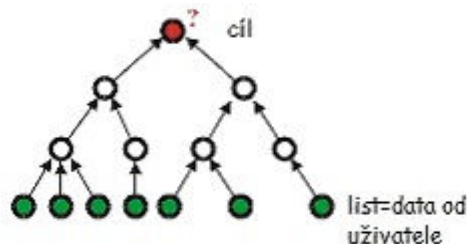
- Nerozpozná důležitost vstupních informací, tj. vyvozuje všechny možné varianty.
- Otázky na uživatele může pokládat v nelogickém pořadí.

Použití algoritmu dopředného řetězení:

- Monitorování a řízení v reálném čase.
- Konfigurace, plánování apod.

6.1.2 Zpětné řetězení

Metodu zpětného řetězení používáme tehdy, chceme-li potvrdit (nebo vyvrátit) určitou domněnku (např. výběr správného dopravního prostředku).



Obrázek 6-5: Příklad zpětného řetězení

Při zpětném řetězení odvozovací mechanismus vychází z důsledkové části pravidel (závěrů – různé druhy dopravních prostředků) a zjišťuje se, jestli jsou jejich předpokladové části splněny. V bázi znalostí se při tomto způsobu inference nacházejí cíle a ne odvozená fakta.

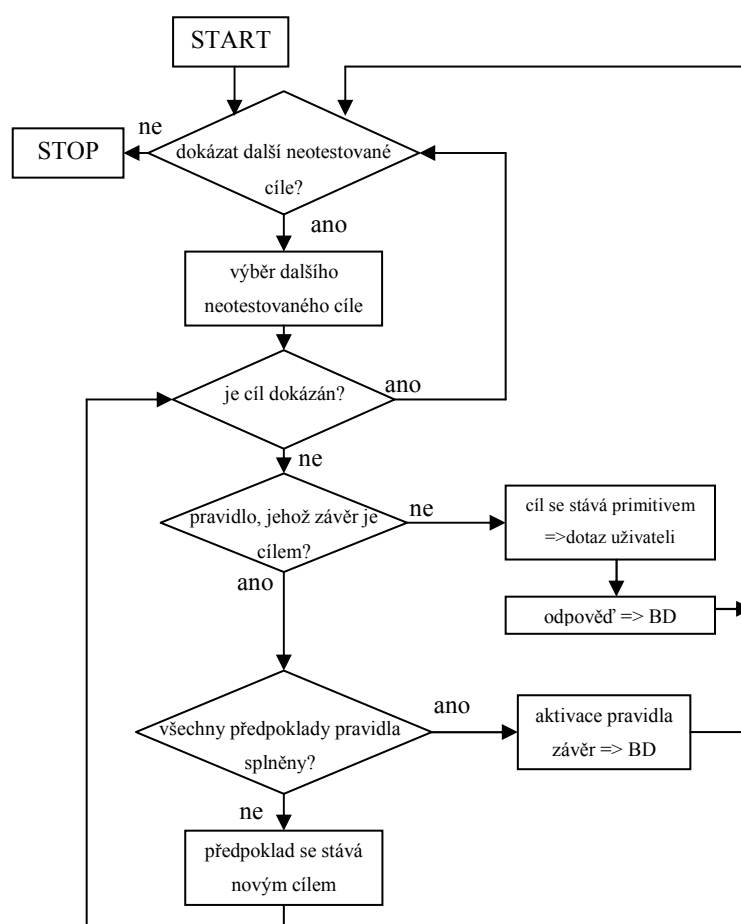
Systém nejprve naplní zásobník všemi možnými koncovými cíli. Poté inferenční mechanismus vytvoří seznam pravidel, jejichž splněním je možné dosáhnout cíle. Tento seznam pravidel je postupně zkoumán a jsou-li všechny předpoklady splněny, odvodí se závěr. Tím se vytváří zpětný řetěz, který v úspěšném případě končí až hledanými konečnými položkami. [31]

Proces zpětného řetězení [32]:

1. Důkaz cíle: Zkontroluje se, jestli cíl již není dokázán v bázi dat. Jestliže je již dokázán, pokračuje se na dokazování dalšího cíle. Pokud neexistuje další cíl, algoritmus končí.
2. Je hledáno cílové pravidlo, tj. takové pravidlo, které má stejný závěr jako dotazovaný cíl.
3. Existuje-li takové pravidlo, jaké splňuje krok číslo 2, je jeho předpoklad hledán v bázi dat.
 - 3.1. Předpoklad pravidla je v bázi dat: pravidlo aktivujeme a pokračuje se na krok číslo 1.

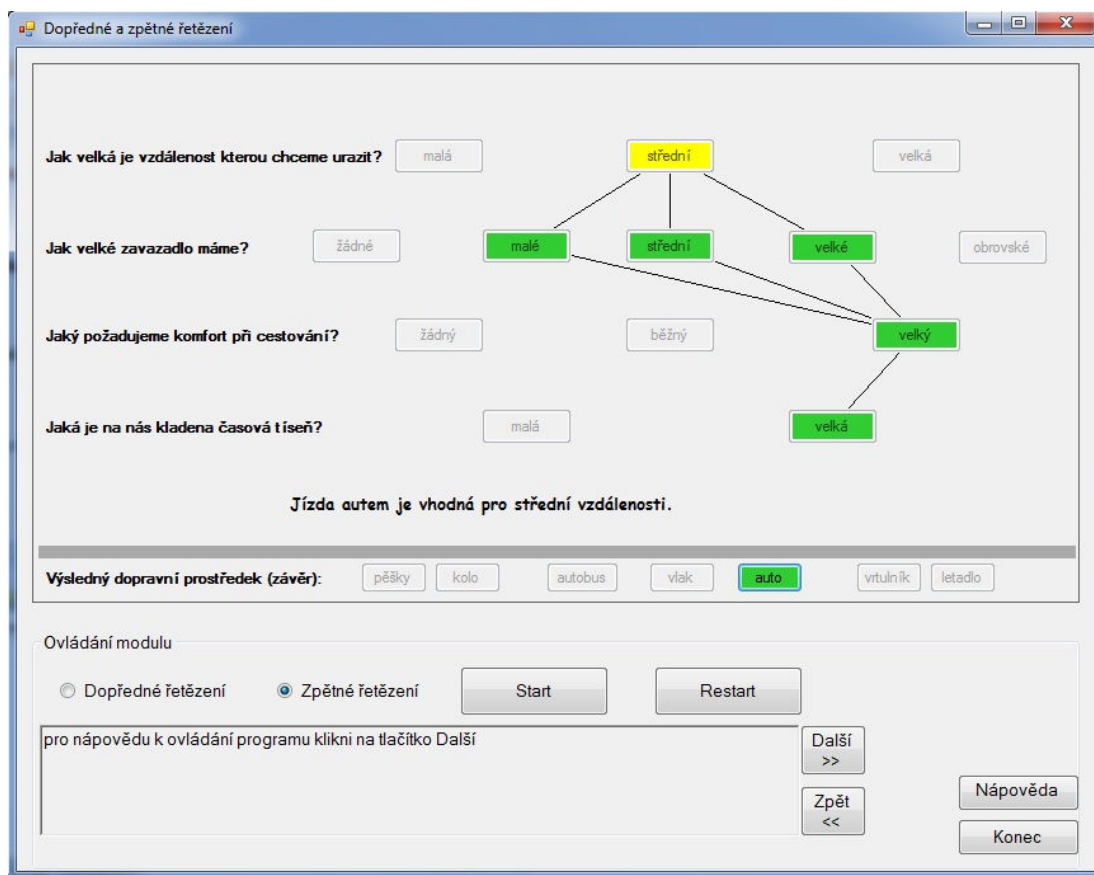
3.2. Předpoklad pravidla není v bázi dat: předpoklad prohlásíme za nový podcíl (cíl) a pokračuje se krokem číslo 1.

4. Nenajde-li se pravidlo z báze znalostí z kroku číslo 2 takové, že jeho závěr je totožný s dokazovaným podcílem (cílem), systém se zeptá na závěr (primitivum) uživatele, zda závěr platí, či nikoliv. Primitivum je tvrzení, které není podporované žádným pravidlem v bázi znalostí.



Obrázek 6-6 Algoritmus zpětného řetězení

Algoritmus použitý ve výukovém modulu je stejně jako předchozí případ zjednodušen, jen na základní pochopení problematiky. Uživatel zadá jeden případ z nabídnutých závěrů, ale již se nezjišťuje, jsou-li předpokladové části splněny. Ty jsou jen zvýrazněny jako různé možnosti, viz. obrázek 6-7.



Obrázek 6-7 Ukázka zpětného řetězení výukového modulu

Výhody zpětného řetězení:

- Existence malého počtu hypotéz.
- Otázky na uživatele jsou kladeny v logickém pořadí.
- Hledá jen potřebné informace ke splnění cíle.

Nevýhody zpětného řetězení:

- Špatná použitelnost při existenci velkého množství hypotéz a malého množství cílů.

Použití algoritmu zpětné řetězení:

- Diagnostika, výběr správného zařízení apod.

7. AI TOOL S NOVĚ VYTVOŘENÝMI MODULY

Na obrázku 7-1 je zobrazen AI Tool s nově vytvořenými moduly. Ostatní moduly byly z výukového programu odstraněny pro lepší názornost. Vlastní výukové moduly byly zahrnuty do kategorie číslo 1, a ID modulů je:

- Prohledávání do šířky a do hloubky – 150
- Hladový a horolezecký algoritmus – 151
- Dopředné a zpětné řetězení – 152



Obrázek 7-1 AI Tool pouze s nově vytvořenými moduly

8. ZÁVĚR

E-learning se v posledních letech stává čím dál více oblíbenou formou vzdělávání. A to nejen ve firmách, kde umožňuje zaměstnancům zvyšovat odborné vzdělání, ale i ve školách a univerzitách, kde se stává nenahraditelným pomocníkem u distanční formy vzdělávání. V prezenčních formách doplňuje klasickou výuku elektronickými oporami.

Cílem této diplomové práce bylo popsat obecné principy e-learningu a prostudovat jeho hlavní výhody a nevýhody. Na základě těchto znalostí byl rozebrán stav e-learningových systémů na vysokých školách v Brně. Hlavním důvodem vzniku e-learningových systémů je zpřístupnění levnějšího, rychlejšího a lepšího vzdělávání. E-learning má mnoho forem, které se dají realizovat samostatně, případně různě kombinovat, aby bylo dosaženo co nejefektivněji požadovaného výsledku.

Dnešní požadavky vyžadují stále komplexnější řešení. Nejčastějším požadavkem je především možnost monitorování průběhu studia jednotlivých uživatelů a také jeho snadná přenositelnost a dostupnost.

V rámci praktické části byly zhotoveny tři výukové moduly do programu AI Tool, který slouží na ústavu automatizace a měřicí techniky FEKT VUT v Brně k výuce základů umělé inteligence. Tyto moduly byly naprogramovány v jazyce C#.

První modul se zabývá neinformovaným prohledáváním stavového prostoru – prohledávání do šířky a do hloubky. Obě metody prohledávání jsou ukázány na logické hře „lišák“. Tato hra má stavový prostor roven $9!$, což je 362880 stavů. Při vytváření modulu byl brán ohled na grafickou podobu vytváření orientovaného grafu, a tak i při stavovém prostoru se sto uzly (stavy) je orientovaný graf stále přehledný a srozumitelný. Tento požadavek o přehlednosti vykreslovaného grafu měl negativní dopad na rychlost prohledávání větších stavových prostorů. Při velikosti stavového prostoru do 1 000 uzlů byl výpočetní čas menší jak 5 vteřin. Ale při stavovém prostoru o velikosti asi 100 000 uzlů, již výpočetní čas dosahuje 1320 vteřin. Časová složitost byla testována na notebooku Acer Aspire 5100 s dvoujádrovým procesorem AMD Turion 64 X2 Mobile a operační pamětí 2 GB RAM.

Druhý modul se zabývá informovaným prohledáváním stavového prostoru – hladovým a horolezeckým algoritmem. Tyto algoritmy řeší optimalizační problém obchodního cestujícího. Bohužel při zadávání tématu, jsme si s konzultantem práce Ing. Janem Valentou neuvědomili fakt, že horolezecký algoritmus se na zadané úloze bude chovat stejně jako hladový, a tak byl vytvořen alespoň stochastický horolezecký algoritmus. Tento algoritmus postupuje stejně jako hladový algoritmus (pro takto zadanou úlohu) s tím rozdílem, že náhodně generuje počáteční město a tak vyhodnocuje odlišné výsledné cesty než hladový algoritmus.

Poslední třetí modul se zabývá strategií usuzování používanou v expertních systémech. Tato strategie se dělí na dopředné a zpětné řetězení. V tomto výukovém modulu, je ukázáno jak expertní systém postupuje při jednotlivých usuzovacích strategiích.

Pro všechny tři výukové moduly byla vytvořena elektronická nápověda v jazyku html pro pochopení teoretické problematiky a osvojení základů ovládání modulu.

9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] LMS eDoceo s.r.o., *Úvod do e-learningu* [online], [cit. 04.11.2009] dostupné z <<http://www.edoceo.cz/elearning>>
- [2] ZLÁMALOVÁ H., *Úvod do distančního vzdělávání*. Univerzita Palackého v Olomouci, 2001. ISBN 80-244-0276-9
- [3] STRÍTESKÁ, H. *Historie e-learningu v České republice* [online], [cit. 15.12.2009] dostupné z <<http://fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2003p/xstrites.htm>>
- [4] NOVÁK, M. *E-learning – nástroj pro tvorbu a řízení výuky*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, 2007. 63 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Vaněk, Ph.D
- [5] KOPECKÝ, K. *E-learning pro pedagogy verze 1.2*, Pedagogická fakulta univerzity Palackého [online], [cit. 11.12.2009] dostupné z <<http://158.194.48.95/cestina/kopeccky/>>
- [6] ODSTRČILOVÁ, Z. *Grafický návrh elektronických výukových aplikací*. Brno: Masarykova univerzita, Fakulta informatiky, 2007. 101 s. Vedoucí diplomové práce Mgr. Tomáš Staudek, Ph.D.
- [7] VRBA, J., VŠETULOVÁ, M. *Multimediální technologie ve vzdělávání*, Univerzita Palackého v Olomouci 2003, ISBN 80-244-0562-8
- [8] Kontis s.r.o., *Popis e-learningových systémů* [online], 2000 [cit. 04.11.2009] dostupné z <<http://www.e-learn.cz/default.asp?menu=elearning>>
- [9] PEJŠA, J. Kontis s.r.o., *LMS a LCMS, vývoj kurzů verze 1.0* [online], [cit. 10.11.2009] dostupné z <www.e-learn.cz/soubory/LMS_LCMS.pdf>
- [10] Kontis s.r.o., *Standardy e-learning* [online], 2008 [cit. 10.11.2009] dostupné z <http://www.e-learn.cz/uvod_standardy_aicc.asp?menu=elearning&submenu=standardy&subsubmenu=aicc>
- [11] Advanced Distributed Learning – SCORM documents [online], [cit. 24.02.2010] dostupné z <<http://www.adlnet.gov/Technologies/scorm/SCORMSDocuments/Forms/All%20Documents.aspx>>
- [12] IMS Content Packaging Information Model : *Version 1.1.2 Final Specification* [online], 2001 [cit. 20.02.2010] dostupné z <http://www.imsglobal.org/content/packaging/cpv1p1p2/imscp_infov1p1p2.html>
- [13] WG12: *Learning Object Metadata* [online] [cit. 23.02.2010] dostupné z <<http://ltsc.ieee.org/wg12/>>
- [14] PITNER, T., *E-learning na Masarykově univerzitě(2)*. Zpravodaj ÚVT MU, roč. XIII č.3, 2003 ISSN 1212-0901

- [15] KOUDELKA, F., BAKEŠOVÁ, M., *Ekonomika distančního vzdělávání*, univerzita Palackého V Olomouci, 2001, ISBN 80-244-0274-2
- [16] Kontis s.r.o., *Co je to e-learning?*, *Popis e-learningových systémů* [online], 2000 [cit. 04.11.2009], dostupné z <<http://www.e-learn.cz/default.asp?menu=elearning>>
- [17] BAREŠOVÁ, A., *E-learning ve vzdělávání dospělých*. První vydání. Praha : VOX, 2003. 174 s. ISBN 80-86324-27-3
- [18] Educity, *E-learning a kulturní rozdíly*, [online], 2008 [cit. 10.02.2010] dostupné z <<http://www.skoleni-kurzy-educity.cz/educity-news/e-learning-a-kulturni-rozdily>>
- [19] RAMBOUSEK, Jiří.: *E-learning z druhé strany*. Zpravodaj ÚVT MU, roč. XIII č.5, 2003 ISSN 1212-0901
- [20] Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, *Informační systémy MZLU v Brně* [online], [cit.20.03.2010] dostupné z: <<http://www.mzlu.cz/is/>>
- [21] Masarykova univerzita v Brně, *Články k IS MU* [online], [cit. 21.03.2010] dostupné z: <<http://is.muni.cz/clanky/>>
- [22] Vysoké učení technické v Brně, *Popis možností elearningového systému VUT* [online], [cit.23.03.2010] dostupné z <<https://www.vutbr.cz/elearning/course/>>
- [23] MoodleDocs [online], [cit. 23.03.2010] dostupné z:<<http://docs.moodle.org/cs/>>
- [24] MIKULECKÝ, P., PONCE, D., *Základy umělé inteligence*. Studijní text na KAI FRIT VŠP Hradec Králové
- [25] JIRSÍK, V., *Moderní prostředky umělé inteligence*. Studijní text na VUT FEKT UAMT Brno
- [26] ZBOŘIL, F., *Základy umělé inteligence*. Studijní text na VUT FIT Brno dostupné z <<http://www.fit.vutbr.cz/study/course-l.php.cs?id=6317>>
- [27] BŘEZINA, T., *Algoritmy umělé inteligence, řešení úloh ve stavovém prostoru*. Studijní text na VUT FSI Brno dostupné z <<http://autnt.fme.vutbr.cz/brezina/>>
- [28] HILDEBRAND, A., *Pathref* [online], [cit. 10.4.2010] dostupné z: <http://pathlib.hildebrand.cz/doc/Referat/pathref.html#_Toc493068708>
- [29] Wikipedie otevřená encyklopedie, *Prohledávání stavového prostoru*, dostupné z <http://cs.wikipedia.org/wiki/Prohledání_stavového_prostoru>
- [30] MAŘÍK, V., a kolektiv. *Umělá inteligence I*. Praha : Academia, 1993. 264 s. ISBN 80-200-0496-3
- [31] DVOŘÁK, Jiří., *Expertní systémy*. Vysoké učení technické v Brně. FSI Brno 2004
- [32] MÜLLER, L., *Znalostní systémy*, 2002, Západočeská univerzita v Plzni, fakulta aplikovaných věd

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ADL	Advanced Distributed Learning
AICC	Aviation Industry CBT Committee
ČVUT	České vysoké učení technické
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IMS	Instructional Management Systems
LCMS	Learning Content Management System
LMS	Learning Management System
MU	Masarykova univerzita
MZLU	Mendelova zemědělská a lesnická univerzita
SCORM	Shareable Content Object Reference Model
UP	Univerzita Palackého
VŠE	Vysoká škola ekonomická

SEZNAM PŘÍLOH

Na přiloženém DVD jsou následující složky

- Dokumentace – Obsahuje diplomovou práci v elektronické podobě, ve formátu *doc* a *pdf*.
- Modules – Obsahuje výstupní dynamické knihovny modulů a soubory potřebné k elektronické nápovědě. Pro správný chod je nutné tuto složku zkopírovat do složky s nainstalovaným výukovým programem AI Tool.
- Spouštěcí soubory – Obsahuje spouštěcí soubory modulů. Pomocí těchto spouštěcích souborů lze s moduly pracovat bez nutnosti mít nainstalován AI Tool.
- Zdrojové kódy – Obsahuje zdrojové kódy vytvořených výukových modulů.